

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

М. Я. Берещук

В. О. Ткачов

ВОДОКОРИСТУВАННЯ
В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
МІСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ

МОНОГРАФІЯ

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

УДК 628.1:[502.171:556
Б48

Автори:

Берещук Микола Якович, кандидат технічних наук;
Ткачов Вячеслав Олександрович, кандидат технічних наук

Рецензенти:

Гриценко Анатолій Володимирович, доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, директор науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем».

Стольберг Фелікс Володимирович, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки, завідувач кафедри Інженерної екології міст.

*Рекомендовано до друку Вченою радою ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,
протокол № 11 від 10 травня 2019 р.*

Берещук М. Я.

Б48 Водокористування в умовах сталого розвитку міських поселень :
монографія / М. Я. Берещук, В. О. Ткачов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-
ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 205 с.

ISBN 978-966-695-500-8

У монографії наведено узагальнені й систематизовані результати багатьох опублікованих досліджень сучасного стану водогосподарського комплексу, інженерно-технічного, законодавчого і нормативно-правового забезпечення шляхів комплексного вирішення проблем охорони навколишнього середовища відповідно до вимог сталого розвитку міст.

Відображені в монографії принципи та шляхи раціонального природокористування, охорони водних ресурсів та екології навколишнього середовища можуть бути використані в навчальному процесі, у роботі працівників міських виконавчих органів, проектних організацій, інженерно-технічних працівників промислових підприємств.

УДК 628.1:[502.171:556

ISBN 978-966-695-500-8

© М. Я. Берещук, В. О. Ткачов, 2019
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	9
1 ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ, РОЗПОДІЛ ПО ТЕРИТОРІЇ ТА ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА.....	11
1.1 Поверхневі водні ресурси України.....	11
1.1.1 Річкова мережа.....	12
1.1.2 Озера, водосховища і ставки	15
1.2 Основні гідрологічні характеристики водних об'єктів і їх вплив на якість води.....	20
1.3 Характеристика сучасного екологічного стану природних вод.....	27
2 СКЛАД, ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМІШОК І ЗАБРУДНЕНЬ ПРИРОДНИХ ВОД.....	35
2.1 Класифікації домішок.....	35
2.2 Склад і характеристика домішок природного походження.....	41
2.2.1 Мінеральні домішки.....	41
2.2.2 Органічні домішки.....	42
2.2.3 Біологічні домішки.....	46
2.2.4 Розчинені у воді гази.....	48
2.2.5 Мікробіогенні елементи.....	52
2.3 Склад і характеристика забруднень антропогенного і техногенного походження.....	53
2.3.1 Нафта і нафтопродукти.....	54
2.3.2 Ціаніди.....	58
2.3.3 Феноли.....	58
2.3.4 Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР).....	59

2.3.5 Пестициди.....	60
2.3.6 Солі важких металів.....	62
2.3.7 Біогенні речовини.....	62
2.4 Вплив деяких домішок і забруднень на організм людини.....	64
3 ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД.....	67
3.1 Фізичні показники якості природних і стічних вод.....	68
3.1.1 Температура.....	68
3.1.2 Завислі речовини.....	68
3.1.3 Кольоровість.....	69
3.1.4 Запах.....	70
3.1.5 Смак і присмак.....	72
3.2 Хімічні показники якості природних і стічних вод.....	73
3.2.1 Солевміст.....	73
3.2.2 Твердість.....	75
3.2.3 Окиснюваність.....	76
3.3 Екологічна оцінка якості поверхневих вод.....	80
4 САМООЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД – ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	83
5 ЗАКОНОДАВЧА І НОРМАТИВНО-ПРАВОВА СИСТЕМА ВОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ.....	87
5.1 Нормативно-правове забезпечення якості поверхневих вод від забруднення стічними водами.....	90
5.2 Нормативно-правове забезпечення якості міських стічних вод.....	95
5.3 Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору.....	101

6 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНІ ТА РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНІ ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ВІДВЕДЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ.....	103
6.1 Розбавлення стічних вод у водоймах.....	103
6.2 Розрахунково-аналітичні методи прогнозування санітарно-екологічного стану водойм та визначення умов скиду в них стічних вод.....	108
6.2.1 Температура води.....	109
6.2.2 Завислі речовини.....	110
6.2.3 Органічні речовини, які визначаються показником БСК.....	111
6.2.4 Шкідливі (токсичні) речовини.....	114
6.3 Визначення гранично-допустимого скиду шкідливих речовин в систему водовідведення міста.....	116
7 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ І ОБ'ЄДНАНЬ В СИСТЕМІ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ.....	119
7.1 Загальна характеристика водогосподарського комплексу.....	119
7.2 Системи загального водокористування на промислових підприємствах.....	121
7.2.1 Прямоточна система використання води.....	123
7.2.2 Повторно-послідовна система використання води.....	124
7.2.3 Зворотна система використання води.....	125
7.2.4 Каскадне використання води.....	128
7.3 Основні напрямки скорочення споживання питної і свіжої технічної води на технологічні потреби промислових підприємств.....	129
7.4 Втрати води у водному господарстві промислових підприємств.....	134

7.5 Критерії оцінки ефективності використання води на підприємствах.....	137
7.5.1 Процент використання води в обороті.....	137
7.5.2 Коефіцієнт використання свіжої води із вододжерела.....	138
7.5.3 Коефіцієнт оборотного використання і втрат води на підприємствах.....	138
7.5.4 Коефіцієнт водовідведення.....	138
8 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНО-ВИРОБНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ (ПРОМИСЛОВИХ ВУЗЛІВ).....	139
8.1 Умови організації промислового вузла, як частини водогосподарського комплексу.....	139
8.2 Розрахунок водного балансу підприємств і промвузла.....	142
8.2.1 Розрахунок добових витрат води.....	144
8.2.2 Розрахунок водного балансу до впровадження ресурсозберігаючих технічних рішень (перший етап).....	147
8.2.3 Розрахунок водного балансу з урахуванням технічного удосконалення водного господарства (другий етап).....	149
8.2.4 Розрахунок водного балансу промвузла (третій етап).....	150
8.3 Визначення та оцінка впливу водовідбору промвузла на режим використання вододжерела.....	155
8.3.1 Визначення загального водовідбору промвузла.....	155
8.3.2 Визначення достатності витрати річки для покриття потреб промвузла.....	156
8.4 Розрахунок і оцінка умов спуску стічних вод у річку.....	157
8.4.1 Розрахунок кратності розбавлення стічних вод водами річки.....	158
8.4.2 Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод і гранично допустимого скиду (ГДС) забруднень.....	159

8.5 Економічна оцінка водозберігаючих природоохоронних інженерно-технічних рішень.....	164
8.5.1 Розрахунок відвернутого економічного збитку.....	164
ПІСЛЯМОВА.....	167
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	169
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	173
ДОДАТКИ.....	179
Додаток А Найбільші озера і лимани України.....	179
Додаток Б Водосховища з об'ємом, який не перевищує 44 млн м ³ води.....	180
Додаток В Характеристика якості річкових вод.....	181
Додаток Г Органічні кислоти.....	182
Додаток Д Гранично-допустима концентрація органічних хімічних речовин циклічної структури у водних об'єктах.....	183
Додаток Е Гранично-допустимі концентрації пестицидів у водоймах.....	184
Додаток Ж Гігієнічні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів.....	185
Додаток И Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водойм.....	186
Додаток К Якість побутових стічних вод.....	187
Додаток Л Речовини, які не вилучаються в процесі біологічної очистки.....	188
Додаток М Ефективність біологічної очистки хімічних речовин і їх ГДК у водних об'єктах.....	189
Додаток Н Концентрація хімічних речовин, допустима для очищення на спорудах біологічної очистки.....	191
Додаток П Нормативи якості питної води.....	192
Додаток Р Нормативи якості поверхневих вод і питної води.....	194
Додаток С Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення промислових підприємств.....	196

Додаток Т Витрати промислових стічних вод на підприємствах.....	200
Додаток У Характеристика джерела водопостачання.....	202
Додаток Ф Якість очищених виробничих стічних вод, які повторно використовуються в охолоджувальних системах.....	203
Додаток Х Якість очищених міських стічних вод, які повторно використовуються для технічних потреб.....	204
Додаток Ц Вимоги до стічних вод підприємств для безпечного їх відведення каналізаційною мережею.....	205

ВСТУП

Сучасний період суспільного розвитку характеризується переходом до нової цивілізаційної стратегії – сталого розвитку, який забезпечує збалансоване виконання соціально-економічних, природно-ресурсних та екологічних завдань для потреб людства.

«Сталий розвиток» – від англійського sustainable development – стабільний, спрямований, збалансований розвиток процесів урбанізації.

Реалізація цієї стратегії потребує глибокого наукового розуміння існуючих проблем, які виникають у процесі урбанізації. Сталий розвиток міських поселень потребує поєднання процесів міського планування та управління в питаннях житлового й соціально-оздоровчого будівництва, транспорту, комунально-побутових служб, розвитку інженерної інфраструктури, забезпечення питною та технічною водою відповідної якості, сортуванням і глибокою переробкою відходів, розміщенням промислових підприємств енерго- та ресурсозбереження та багато інших. Шляхи їх виконання потребують еколого-економічного обґрунтування.

Нами будуть розглянуті актуальні проблеми водогосподарського комплексу в питаннях раціонального використання й охорони водних ресурсів у процесі організації територіально-промислових об'єднань на принципах сталого розвитку міст.

Природні води, як складник природних ресурсів Землі, належать до категорії відновлюємих, але обмежених і незамінних ресурсів урбанізованого суспільства. Розглядаючи проблеми використання природних вод у середньостроковому вимірі під терміном **«водні ресурси»** ми будемо розуміти запаси поверхневих, підземних і морських вод територій адміністративних областей, регіонів і України загалом. Саме таке розуміння поняття «водні ресурси» використовується нами й авторами підручника для студентів вищих навчальних закладів С. С. Лемківським і М. М. Падуним «Раціональне використання і охорона водних ресурсів».

Нерівномірність розподілу водних ресурсів на території країни та в часі, інтенсивне й нераціональне використання зумовлюють кількісний і якісний дефіцит прісної води. Поверхневі води виявились найчутливішим компонентом природно-антропогенної екосистеми до техногенного забруднення навколишнього середовища, самовідновлення яких, майже вичерпано.

Водночас вода є незамінний ресурс для живих організмів, забезпечує потреби матеріального виробництва, виконує важливі соціальні функції, потребує збільшення витрат на потреби суспільства. Використання води завжди супроводжується певним впливом на інші компоненти природного середовища. Урбанізація неминуче передбачає збільшення водоспоживання на питні, культурно-гігієнічні й рекреаційно-оздоровчі потреби населення, для промисловості, сільського господарства, обумовлює погіршення якості природних вод завдяки скиду в них стічних вод, приводить до порушення процесів природного формування стоку річок. Велику загрозу екології водних

об'єктів несуть комунальні та промислові підприємства, як найбільші споживачі води.

Найрізноманітніший склад і висока токсичність забруднень характерні для стічних вод промислових підприємств. Надходження стічних вод, які містять високотоксичні забруднення у гідрографічну мережу погіршує ефективність самоочищення водних об'єктів, а це зі свого боку, сприяє накопичуванню в них забруднень і втраті ознак «живої» води.

Тому проблема чистої води є складна, різностороння, глобальна в системі природокористування та збереженні екологічної рівноваги в біосфері. Вода є умовою, середовищем і найважливішим фактором розвитку антропоєкологічних систем, і насамперед – природних, технічних, природно-технічних і соціально-економічних. Природні водні ресурси, їх раціональне використання, охорона та відтворення є пріоритетним напрямом розвитку народногосподарського комплексу України.

Дієвим вирішенням проблем чистої води – це зменшення скиду стічних вод всіх категорій у водні об'єкти та збалансоване водоспоживання учасників водогосподарського комплексу в межах замкнутих систем водного господарства. Збалансоване водоспоживання передбачає комплексне й раціональне використання водних ресурсів водокористувачами та може бути реалізовано з максимальним економічним ефектом у разі організації промислових вузлів. Зі свого боку, утворення виробничо-територіальних комплексів і промислових вузлів у промисловій зоні міст з єдиною системою водопостачання, водовідведення, очищення промислових і комунальних стічних вод, з повторним їх використанням для технічних потреб, є шляхом вирішення комплексу екологічних і соціальних проблем.

Зі свого боку, у системі навчальних закладів недостатньо приділяють уваги здобутті практичних навичок вирішення регіональних міжвідомчих проблемам, що стримує виконання комплексних завдань до яких належать розробка й реалізація програм і проектів по довготривалому плануванню, прогнозуванню, розвитку населених пунктів і благоустрою територій на основі генеральної схеми розвитку водогосподарського комплексу.

Саме практичні вміння допоможуть студентам у досягненні професіоналізму, компетентності з питань розвитку водного господарства підприємств і промислових вузлів, обґрунтування прийняття комплексних міжвідомчих рішень.

Метою монографії є доповнення змісту підручників і з дисциплін «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» та «Екологія міських систем» в питаннях набуття, поглиблення та удосконалення практичних вмінь студентів для їх реалізації в умовах виробничої діяльності. Для фахівців міського господарства, проектних організацій, промислових підприємств, які координують або виконують гармонічне поєднання природного середовища, соціальної та технічної інфраструктури з розвитком водогосподарського комплексу, монографія допоможе забезпечити глибоке наукове розуміння шляхів вирішення комплексних завдань сталого розвитку міських поселень.

1 ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ, ЇХ РОЗПОДІЛ ПО ТЕРИТОРІЇ ТА ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Поверхневі водні ресурси України

Поліпшення якості життя жителів населених пунктів істотно залежить від забезпечення в достатній кількості безпечною водою відповідного походження. Можливість використання води для потреб людини визначають за певними показниками, які покладені в основу класифікацій природних вод.

Існує декілька десятків класифікаційних систем, які характеризують якість води за хімічним складом або фазово-дисперсним станом домішок. Вони дозволяють порівнювати якість води та використовуються переважно в технологіях водопідготовки.

Для навчальних і статистичних цілей важливо користуватись системами класифікацій водних ресурсів, за якими безпечність людей буде оцінюватись комплексом показників або за універсальним індексом якості. Зважаючи на велику різноманітність природних вод (за В. І. Вернадським їх понад 1500 одиниць) ми будемо користуватись класифікацією, наведеною на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Класифікація груп природних вод

Розподіл природних вод за групами дає змогу орієнтуватись у можливості використання води для відповідних цілей, не вдаючись до оцінки кількісних показників якості.

Поверхневі водні ресурси – основне джерело водозабезпечення численних потреб людства.

Люди завжди використовували воду з водойм, а з виникненням поливного землеробства (IX-X ст. до н. е.), а потім і промисловості (XV-XVI ст.) об'єм цієї (використовуваної) води різко збільшився. На сьогодні у зв'язку з відсутністю енергійної охорони вод людство може зазнати «водного голоду» внаслідок якісного виснаження – забруднення водних ресурсів.

Основним джерелом водопостачання для населення є річковий стік. Річковий стік України становить у середньому 83,5 млрд м³, а в посушливі роки зменшується до 48,8 млрд м³. Він розподіляється територією держави дуже нерівномірно: майже 70 % стоку припадає на північний захід країни, де мешкає близько 40 % населення. А на Донецько-Придніпровський і Південний економічні райони, у яких проживає майже 60 % населення та зосереджено найвродомісткіші галузі господарства, потрапляє в середньому лише 30 % річкового стоку. У зв'язку з цим у багатьох районах півдня України спостерігається гострий дефіцит води, для ліквідації якого доводиться перекидати воду каналами, будувати водосховища тощо.

1.1.1 Річкова мережа

Річкова мережа України складається з такого: 1) тимчасових водотоків, що мають течію лише під час сніготанення й дощів; 2) маленьких струмків і річок; 3) великих рік, таких як Дніпро та Дністер. Річки України належать до басейнів Чорного й Азовського морів і частково (майже 4 %) – до басейну Балтійського моря. Найбільше річок розміщено у басейні Дніпра – 27,0 %, Дунаю – 26,3 %, Дністра – 23,7 %, Південного Бугу – 9,3 %. Середня густота річкової мережі України становить 0,34 км/км². Найбільша густота річкової мережі притаманна Карпатам, де вона сягає 2,0 км/км². Також цей показник є досить значним у Кримських горах, насамперед, на Південному березі Криму. Найменша густота річкової мережі – у Херсонській області, де є значні безстічні території. Ріки України залежно від водозбірної площі басейну поділяються на такі:

- великі – це річки, розташовані у кількох географічних зонах, що мають площу водозбору понад 50 тис. км²;
- середні – річки, які мають площу водозбору від 2 тис. км² до 50 тис. км²;
- малі річки з площею водозбору до 2 тис. км².

Найбільш загальні гідрологічні характеристики великих і середніх річок які забезпечують господарсько-побутові, промислові, сільсько-господарські, рекреаційні потреби населення у воді наведені у таблиці 1.1.

Стан води й повноводдя цих водних артерій залежать здебільшого від стану їх приток – малих річок, яких налічується близько 63 тис. Вони мають величезне значення (варто згадати, що 90 % населених пунктів розташовані саме в долинах малих річок та користуються їхньою водою). Проте стан малих річок України на сьогодні є надто складним: понад 20 тис їх вже зникло, пересохло. Це, зазвичай, зумовлює деградацію великих річок, тому проблема їх збереження й оздоровлення – одна з найгостріших для України.

Таблиця 1.1 – Гідрологічні характеристики головних річок України

Назва річки	Місце, куди впадає	Довжина, км		Площа басейну, тис. км ²
		Загальна	У межах України	
Дніпро	Чорне море	2201	981	504,0
Південний Буг	Чорне море	806	806	63,7
Псел	Дніпро	717	520	22,8
Дністер	Чорне море	1362	705	72,1
Сіверський Донець	Дон	1053	700	98,9
Горинь	Прип'ять	659	577	27,7
Десна	Дніпро	1130	591	88,9
Інгuleць	Дніпро	549	549	14,46
Ворскла	Дніпро	464	348	14,7
Случ	Горинь	451	451	13,8
Стир	Прип'ять	494	424	12,9
Тетерів	Дніпро	385	385	15,3
Сула	Дніпро	363	363	19,6
Інгул	Південний Буг	354	354	98,9
Рось	Дніпро	346	346	12,6
Самара	Дніпро	320	320	22,6
Прут	Дунай	967	272	27,5
Тиса	Дунай	966	201	153,0
Прип'ять	Дніпро	761	261	121,0
Айдар	Сіверський Донець	264	256	7,4
Сейм	Десна	748	250	27,5
Збруч	Дністер	244	244	3,4
Серет	Дністер	242	242	3,9
Стрий	Дністер	230	230	3,06
Оскіл	Сіверський Донець	472	177	14,8
Дунай	Чорне море	3900	174	817,0

Необхідно також зважати на відмінність фізико-географічних умов які визначають формування та розподіл річного стоку по території. М'який, помірний клімат України міняється на помірно континентальний в напрямку із заходу на схід. Тривалість літа збільшується, а зими зменшується в напрямку півночі країни. Кількість опадів і порівняна вологість зменшуються у південно-східному напрямку. Зональний характер змін зумовлює перерозподіл стоку малих річок у бік його зменшення в літньо-осінній період і, об'єктивно, збільшує дефіцит води південно-східних регіонів. Головним постачальником води для України є Дніпро – найбільша річка України, третя в Європі після

Волги та Дунаю за площею водозбірного басейну та протяжністю в межах України. Водними ресурсами Дніпра користується понад 30 млн жителів України.

Господарський комплекс у басейні р. Дніпро протягом останніх десятиліть розвивався без урахування економічних та екологічних наслідків для України. Основний обсяг промислового виробництва з переважанням «брудних» галузей (металургійна, хімічна, вугільна), найбільші енергетичні об'єкти та масиви зрошуваних земель сконцентровані в басейні р. Дніпро, де місцеві водні ресурси значно менші, ніж потреби в них. Для потреб промисловості й сільського господарства щороку із Дніпра беруть майже 15 млрд м³ води, а в атмосферу басейну викидається понад 10 млн т газопилових забруднень. На територіях певних підприємств відбувається накопичення і зберігання токсичних промислових відходів, зокрема пестицидів, без дотримання заходів екологічної безпеки.

Із різними стоками (дощовими й талими водами) у Дніпро та водосховища потрапляє понад 50 тис. т азотних сполук, 40 тис. т фосфорних, 20 тис. т калійних, близько 1 тис. т заліза, 40 т нікелю, 2 т цинку, 1 т міді, 0,5 т хрому тощо.

Істотне значення в системі водопостачання мають також водосховища та ставки на притоках Дніпра. У його басейні нараховується 15 380 різних приток, загальна довжина яких дорівнює 67 156 км, збудовано 504 водосховища з загальною площею водного дзеркала 767 км² та об'ємом 2,2 км³, 12 570 ставків на малих річках, загальна площа яких становить 1 086 км² і об'єм – 1,54 км³. На Дніпрі створено каскад із шести водосховищ загальною площею 6 950 км² і повним об'ємом акумульованої води 43,8 км³. У зв'язку з будівництвом водосховищ порушилася екологічна рівновага, водообміну докорінно змінилися умови. Порівняно з природними умовами водообмін уповільнився в 14–30 разів.

Серед головних негативних наслідків спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі вирізняють такі:

- річковий режим Дніпра штучно трансформовано в озерний, у зв'язку з чим різко уповільнився водообмін, утворилися зони застою, почастишали явища евтрофікації (збільшення вмісту біогенних речовин у водоймі, що зумовлює бурхливе розмноження водоростей, зменшення прозорості води і вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах унаслідок розкладу органічної речовини мертвих рослин і тварин, а також масову загибель донних організмів);

- рівень ґрунтових вод піднявся за межі берегів;

- посилилося засолення ґрунтів;

- об'єм підземного стоку збільшився майже в 10 разів, у зв'язку з чим значно зросло забруднення підземних вод, особливо в нижній частині басейну;

- змінився водно сольовий режим ґрунтів та зменшився вміст гумусу в них;

- зони посиленої берегової ерозії.

Стосовно радіаційного забруднення басейну р. Дніпро, то серед основних радіоекологічних проблем зони відчуження виокремлюють такі:

- перевищення допустимого рівня надходження радіонуклідів у Київському водосховищі на 100–150 Ки;

- головне забруднення води у р. Прип'ять формується унаслідок стоків з території Республіки Білорусь (30–40 %) і незахищених ділянок заплави (40–50 %);

- у ближній до ЧАЕС зоні повсюди спостерігається підвищення рівня ґрунтових вод на 1,0–1,5 м, що зумовлює підтоплення пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів та інтенсивніше забруднення ґрунтових вод;

- на всій території зони відчуження збільшується ступінь обводнення та заболоченості, що спричинює деградацію та загибель лісів, перехід радіонуклідів у розчинні та колоїдні форми, прискорює швидкість їх міграції.

Загалом у країні налічується 63 119 великих, середніх і малих річок, а також майже 8 073 озер і лиманів. На сьогодні в Україні не залишилося жодного поверхневого водного об'єкта, який би за екологічним станом належав до водних об'єктів першої категорії. Згідно з оцінками експертів, найгірша екологічна ситуація спостерігається на річках Кальміус та Сіверський Донець (Донецька область), Азовському морі, озері Сасик (Одеська область), річках Лугань (Луганська область). Наприклад, р. Сіверський Донець і її притоки забруднені легкоокисними речовинами, нафтопродуктами, фенолами, сполуками азоту і важких металів.

Основними причинами кризової ситуації, що склалася в басейнах великих і малих річок України, вважаються такі:

- спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі, в результаті чого було затоплено понад 500 тис. га і підтоплено 100 тис. га продуктивних земель, зруйновано майже 1,5 тис. км берегів, змінено водний режим тощо; великомасштабні меліорації;

- будівництво низки великих промислових комплексів у басейнах річок;

- величезні об'єми водозбору для промисловості та зрошення;

- колосальні обсяги забруднень.

1.1.2 Озера, водосховища та ставки

Водойми в Україні поділяються на озера, водосховища, ставки.

Озера – природні водоймища у заглибинах суші (котловинах), заповнені в межах озерної чаші (озерного ложа) різнорідними водними масами, вони не мають зв'язку з морями та океанами. Котловини за походженням розподіляють на тектонічні, льодовикові, річкові (стариці), приморські (лагунні та лимани), провальні (карстові, термокарстові), вулканічні (у кратерах згаслих вулканів), завально-загатні (запрудні), штучні (водосховища, ставки). Залежно від умов утворення озерного ложа виокремлюють такі основні типи: дамбові (річкові, долинні та прибережні, а також штучні – водосховища), котловинні (моренні, карові, карстові, термокарстові, дефляційні, вулканічні та тектонічні), змішаного походження. За водним балансом поділяються на стічні, безстічні та зі змінним стоком. За хімічним складом води – на прісні та мінеральні (солонуваті та солоні).

В озерах Землі міститься вчетверо більше води, ніж у річках, проте їхнє життя менш тривале. Якщо озеро не поповнюється водами, воно висихає, міліє або перетворюється на болото.

Більшість озер сформувалось внаслідок рухів земної кори чи вивержень вулканів. Деякі були залишені льодовиками, що відступили, а деякі утворились унаслідок відділення від моря.

За розмірами їх поділяють на дуже великі (площею понад 1000 км²), великі (площею понад 100 км²), середні (10–100 км²) і малі (менше ніж 10 км²). Найбільшими на земній кулі є 20 озер, які мають площу понад 10 000 км².

На території України близько 20 тис. озер, з них 7 тис. площею більше 10 га. Вони утворюють озерні краї. Зазвичай, озера розташовані в заплавах річок, переважно в Поліссі.

У басейнах Західного Бугу та Прип'яті розташовані Шацькі озера (понад 30 прісноводних водойм), що мають карстове походження. Найбільш глибоководне серед них – Світязь. Разом із навколишніми ландшафтами вони утворюють Шацький національний парк.

У Карпатських горах більшість озер невеликі, але глибокі. Вода в них прісна, чиста й холодна. Особливим серед них є озеро Синевир.

На Подільській височині озера невеликі й неглибокі. Улітку вони добре прогріваються.

Багато озер утворилося біля річки Дунай. Найбільше прісне серед них – Ялпуг, а найглибше – Кагул.

Список і характеристика найбільших озер і лиманів України наведені за різними інформаційними джерелами у таблиці 1.2 та додатку А.

Таблиця 1.2 – Характеристика найбільших озер і лиманів України

Озера й лимани	Розташування	Площа, км ²	Довжина, км	Максимальна ширина, км
1	2	3	4	5
Сасик (Кундук) (озеро)	Узбережжя Чорного моря	210,0	39,0	12,0
Тилігульський лиман	Узбережжя Чорного моря	135,0	60,0	4,5
Молочний лиман (<i>Молочне озеро</i>)	Узбережжя Азовського моря	170,0	32,0	8,0
Ялпуг (озеро)	Басейн Дунаю	149,0	39,0	5,0
Кагул (озеро)	Басейн Дунаю	90,0	25,0	8,0
Кугурлуй_(озеро)	Басейн Дунаю	82,0	20,0	20,0
Сасик-Сиваш (озеро)	Кримський півострів	75,3	14,0	9,0

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5
Хаджибейський лиман	Узбережжя Чорного моря	70,0	40,0	3,5
Шагани	Узбережжя Чорного моря	70,0	9,0	8,0
Катлабух (озеро)	Басейн Дунаю	67,0	21,0	11,0
Куяльницький лиман	Узбережжя Чорного моря	61,0	28,0	3,0
Китай (озеро)	Басейн Дунаю	60,0	24,0	3,5
Донузлав (озеро)	Кримський півострів	48,2	30,0	8,5
Айгульське	Кримський півострів	37,0	18,0	4,5
Будацький	Узбережжя Чорного моря	30,0	15,0	2,7
Світязь (озеро)	Басейн Бугу	27,5	9,3	4,8
Актаське	Кримський півострів	26,8	8,0	3,5
Узунларське	Кримський півострів	21,2	10,0	5,5
Кирлеуцьке	Кримський півострів	20,8	13,8	3,0
Тобечицьке	Кримський півострів	18,7	9,0	5,0
Пулемецьке	Басейн Бугу	16,3	6,0	3,6
Турське	Басейн Прип'яті	13,0	5,4	3,2
Киятське	Кримський півострів	12,5	10,0	4,5

На узбережжі Чорного моря є солоні озера – лимани. Солоними озерами багатий Крим. Найвідоміше з них – озеро Сиваш, із якого добувають кухонну сіль та інші корисні речовини. Багато кримських озер улітку пересихають.

Водосховища – це штучні водойми, які створені для накопичення, збереження та подальшого використання води, регулювання стоку.

Одне зі стародавніх водосховищ – це водосховище з греблею Садель-Кафара, яке було створено в Єгипті в 2950–2750 роках до нашої ери. У наш час на земній кулі їх більше 30 тис. Загальна площа водосховищ світу близько 400 тис. км². Сумарний повний об'єм водосховищ досягає майже 6 тис. км³.

На території України налічується 1 103 водосховища. Вони утримують 55 315,8 млн. м³ води (величина повного об'єму), зокрема 8 565,8 млн м³ – без шести водосховищ Дніпровського каскаду та два Дністровських водосховищ (головного та буферного). Загалом усі всі водосховища утримують об'єм води, що перевищує середній річний стік Дніпра.

Найбільші водосховища створені на Дніпрі з 30-х по 70-і роки ХХ ст. – Київське, Канівське, Кременчуцьке, Кам'янське, Дніпровське, Каховське. На

початку 80-х років було створено Дністровське водосховище. Значно меншими є водосховища у басейнах річок Південний Буг, Сіверський Донець та інші. Останнім часом роботи з регулювання стоку практично припинилися. Певною мірою це зумовлено значним використанням наявних природних ресурсів, а також необхідністю значних коштів на будь-яке гідротехнічне будівництво.

Залежно від природних умов і способу утворення водосховища поділяються на декілька типів.

1. За морфологією ложа водосховища (згідно з К. К. Едельштейном) бувають:

а) долинні – водосховища, ложем яких є частина річкової долини. Їм властива наявність похилу дна та збільшення глибин від верхньої частини водойми до греблі. Вони поділяються на такі:

- руслові – у межах русла та низької заплави річки;
- заплавно-долинні – затопленні русла, висока заплава, а інколи й надзаплавна тераса;

б) улоговинні – водосховища, що розташовані в западинах і пониззях місцевості і відгороджені від русла річки, від моря затоках, лиманах, лагунах, а також в штучних кар'єрах (копанках, кар'єрах).

2. За способом заповнення водою водосховища можуть бути загатними (водосховища, які заповнюються водою водотоку, на якому вони розташовані) і наливними (коли вода до них подається із іншого водотоку або водойми).

3. За місцем розташування водосховища бувають:

а) гірські – які створюють на гірських річках; вони вузькі, глибокі і мають напір до 300 м і більше;

б) передгірські – висота напору 50-100 м;

в) рівнинні – широкі, мілкі, висота напору не більше 30 м;

г) приморські – в морських затоках, лиманах, лагунах із невеликим напором.

4. За місцем у річковому басейні водосховища поділяють на верхові і низові. Система водосховищ на річці – каскадом.

5. За ступенем регулювання річкового стоку водосховища можуть бути багаторічного, сезонного, недільного, добового регулювання.

Характеристики основних водосховищ наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика основних водосховищ України

Назва водосховища	Місце знаходження	Нормальний підпертий рівень (НПР), м	Площа, км ²	Повний об'єм, млн. м ³
1	2	3	4	5
Київське	р. Дніпро	103,0	922	3730
Канівське	р. Дніпро	91,5	581	2500
Кременчуцьке	р. Дніпро	81,0	2 252	13 520
Кам'янське	р. Дніпро	64,0	567	2 460

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
Дніпровське	р. Дніпро	51,4	410	3 320
Каховське	р. Дніпро	16,0	2 155	18 180
Дністровське	р. Дністер	121,0	142	2 000
Червонооскільське	р. Оскіл	72,5	122,6	474,3
Краснопавлівське	Канал Дніпро-Донбас	120	35,0	410,0
Печенізьке	р. Сіверський Донець	100,5	86,2	383,0
Карачунівське	р. Інгулець	59,0	44,8	308,5
Вуглегірське	р. Лугань	167,5	15,1	162,0
Ладижинське	р. Південний Буг	177,0	20,8	150,8
Шолохівське	р. Базавлук	30,8	13,6	97,2
Ташлицьке	Балка Ташлик	99,5	8,6	86,0
Павлівське	р. Кальміус	34,2	10,0	76,3
Зеленодольське	Канал Дніпро – Кривий Ріг	89,0	15,7	74,4
Чорноріченське	р. Чорна	261	6,04	64,2
Сергіївське	Херсонська обл.	1,0	62,3	63,0
Курахівське	р. Вовча	114,8	15,3	62,5
Макортівське	р. Саксагань	81,8	13,3	57,9
Південне	Канал Дніпро – Кривий Ріг	96,5	11,3	57,3
Лиман (водойма-охолоджувач Зміївської ТЕС)	Харківська обл.	91,0	12,5	53,1
Старокримське	р. Кальчик	41,0	4,5	45,2
Хрінницьке	р. Стир	187,3	20,5	45,0

Характеристики водосховищ, повний об'єм яких не перевищує 45 млн м³, наведені в додатку Б.

Водосховища, площа яких не перевищує 1 км², називаються ставками.

Ставки – це штучні водойми, їх сотні тисяч, вони розкидані по всій території України. Використовується в господарській діяльності не тільки для збереження водного запасу, а й для зрошення, розведення риби й домашніх водоплавних птахів, як водопою для худоби. Селяни з глибокої давнини створювали ставки, перегороджуючи земляними насипами гирла балок і неглибоких ярів. Ставки, зазвичай, оточені заростями верб. У Харківській області побудовано близько 1 300 ставків.

Наведені результати розподілу вододжерел по території України засвідчують, що сталий розвиток міських поселень можливий лише з огляду на рівень забезпеченості регіонів України водними ресурсами в кількісних і якісних показниках. Орієнтація на сталий розвиток міст, як одного із базових

принципів економіки, потребує узгодженості загальнодержавних, регіональних і місцевих концепцій та програм для забезпечення високої якості навколишнього середовища та гармонічного розвитку соціальних і екологічних компонентів урбанізованих територій. Шляхи досягнення принципу сталого розвитку будуть різні для міських поселень, оскільки початкові умови надзвичайно різні, але об'єднуючим фактором для всіх є водні ресурси країни. Саме урахування їх наявності буде визначальним в забезпеченні збалансованого розвитку економічної, соціальної та екологічної сфер життєдіяльності населення міст.

Розглянемо детальніше вплив природних і антропогенних факторів на екологічний стан водних ресурсів із метою наукового обґрунтування організації розвитку територіально-виробничих комплексів на умовах сталого розвитку міст.

1.2 Головні гідрологічні характеристики водних об'єктів і їхній вплив на якість води

Питання вивчення якості води тривалий час розглядалися без врахування ролі гідрологічних чинників. Нині сформувався усталений погляд на те, що якість води визначається не тільки обсягом хімічних речовин, що надходять у річку, але й гідрологічним режимом цього водного об'єкта.

Методи кількісного визначення різних елементів, що характеризують режим природних вод розробляє наука – гідрометрія. Вона має свої підрозділи, у яких вивчаються: атмосферні, підземні та поверхневі води. Гідрометрія поверхневих вод поділяється на океанометрію (гідрометрія океанів і морів) і на гідрометрію вод суходолу (річок, озер, боліт і льодовиків).

Найбільш розробленими й відокремленими в самостійні наукові дисципліни є морська й річкова гідрометрії. Незважаючи на певну специфіку, обумовлену об'єктом вивчення, у прийомах і способах вивчення характеристик рік і морів (водоймищ і озер) є досить багато спільного.

Зазвичай, гідрометричні спостереження на ріках і морях сполучаються з метеорологічними спостереженнями.

Для вивчення гідрометеорологічних явищ створена постійна й тимчасова державна мережа станцій і постів. Державна гідрометеорологічна мережа складається з основних (або опорних) і спеціальних станцій і постів.

На основних станціях і постах ведуться постійні спостереження за гідрометеорологічними й атмосферними процесами протягом тривалого часу, іноді безстроково. Спеціальні станції й пости організовують на певний період для вивчення місцевих умов, наприклад гідрометеорологічного режиму водоймищ і озер, гирлових ділянок ріки й прилеглого надмор'я тощо.

До складу основних гідрометеорологічних робіт на ріках і водоймах входять: спостереження за рівнем і його коливаннями; промірні роботи для вивчення глибин і рельєфу дна водних об'єктів; спостереження за ухилами водної поверхні (на ріках); спостереження за температурою води, замерзанням і

розкриттям водойм, станом крижаного покриву; вимір швидкостей і напрямків течій; спостереження за кольором, прозорістю, щільністю й хімічним складом води; вимір параметрів хвилювання; визначення витрати й стоку води й наносів; визначення механічної й петрографічного складу наносів і донних відкладень.

Дані гідрометеорологічних спостережень з усіх станцій і постів, розташованих на суші океанах і морях, зосереджуються в Гідрометцентрі, обробляються, аналізуються й слугують для вирішення різних науково-теоретичних і господарських проблем, зокрема для розробки теоретичних основ гідрології й океанології, прогнозу природних явищ, розробки водогосподарчих балансів регіонів і окремих об'єктів, забезпечення вихідними матеріалами проектів великих гідротехнічних споруд тощо.

При гідрометричних спостереженнях і дослідженнях вимірюються та вивчаються: коливання рівнів води, нахил водної поверхні, рельєф дна й форми русла, швидкості та напрямку течії, кількості протікаючої води, витрата і механічний склад завислих і донних наносів, кількість розчинених речовин, зміни температури води, наростання й руйнування крижаного покриву та внутрішньо водного льоду, випаровування з поверхні води, колір, прозорість і хімічний склад води.

Рівень води в річках, озерах та інших водоймах коливається залежно від природних фізико-географічних і кліматичних явищ; для річок, зокрема, від розподілу атмосферних опадів у середині року, танення льодовиків, згінних і нагінних вітрів тощо.

Місце, обладнане для спостереження за рівнем, називають водомірним постом. Водомірні пости залежно від строку їхньої дії можуть бути постійними й тимчасовими. І своєю конструкцією водомірні пости можуть бути простими (рейкові, пальові й рейково-пальові) і передатними. Останні, зі свого боку, поділяються на пости з неавтоматичними й автоматичними відмітчиками рівня води, з безперервною реєстрацією положення рівня, тобто з використанням самописів, що одержали назву лімніграфів і мареографів, відповідно при вимірах на ріках і на морях; з дистанційними пристроями, що дозволяє вести реєстрацію рівня на значній відстані від водного об'єкта й здійснити роботу водомірного поста в автоматичному режимі. Результати гідрометричних спостережень і досліджень водного об'єкта використовують для формування його об'єктивних гідрологічних характеристик.

Ці характеристики поділяються на кілька груп. Наведемо деякі з них.

1. Характеристика водного режиму: рівень води, швидкість течії, витрати води, стік води за інтервал часу, ухил водної поверхні тощо. Більшість цих характеристик може бути віднесено не лише до водотоків і водойм, але й до особливих водних об'єктів – льодовиків, підземних вод.

2. Характеристика теплового режиму: температура води, снігу, льоду, теплоємність водного об'єкта або тепловий стік за інтервал часу тощо.

3. Характеристика льодового режиму: строки настання та закінчення різних фаз льодового режиму (замерзання, льодоставу, танення, скресання, очищення від льоду), товщина крижаного покриву, скупченість льодів.

4. Характеристики режиму наносів: вміст у воді зважених наносів або каламутність води, витрата наносів, розподіл наносів за фракціями.

5. Характеристики форми й розміру водного об'єкта: його довжина, ширина, глибина тощо.

Крім того, до гідрологічних характеристик зазвичай належать такі важливі для опису будь-якого водного об'єкта властивості: гідрохімічні – мінералізацію води або її солоність, вміст окремих іонів солей, газів, забруднювальних речовин тощо; гідрофізичні – щільність води, в'язкість води тощо; гідробіологічні – склад і чисельність водних організмів і величину біомаси.

Сукупністю гідрологічних характеристик даного водного об'єкта в певному місці і в певний момент часу визначається гідрологічний стан водного об'єкта. Гідрологічний стан водного об'єкта подібно погоді стосовно до стану атмосфери є схильним до постійних просторових і часових змін. Він завжди залежить від безлічі факторів і визначається характером процесів, що відбуваються у водному об'єкті, його зв'язком з іншими водними об'єктами, атмосферою, літосферою, впливом господарської діяльності людини тощо. Однак у наслідок складності й багатofакторності цих процесів і зв'язків і недостатнього знання їх природи ми часто маємо підходити до оцінки гідрологічного стану водного об'єкта як явища, що піддається випадковим змінам, які підпорядковуються імовірнісним законам і піддаються статистичному аналізу.

При тривалих спостереженнях за будь-яким водним об'єктом виявляються деякі закономірності в змінах його гідрологічного стану, наприклад протягом року. Сукупність закономірно повторюваних змін гідрологічного стану водного об'єкта представляють собою його гідрологічний режим. Деяким аналогом гідрологічного режиму стосовно до атмосфери можна вважати клімат. Сутність гідрологічного режиму водних об'єктів – гідрологічність – це зміна характеристик у просторі та часі. Під зміною гідрологічних характеристик у просторі розуміють що зміну від місця до місця (уздовж, поперек або вглиб річки, уздовж або вглиб моря або озера тощо), від одного водного об'єкта до іншого.

Зміна гідрологічних характеристик у часі (тимчасова мінливість) має декілька масштабів. Виокремлюють мінливість вікову (з інтервалами часу або періодами, що обчислюються століттями); багаторічну (періоди коливань – від кількох до десятків років), сезонну (коливання протягом року), короткочасну, що має період у декілька діб (наприклад, коливання синоптичного масштабу з періодом 3-10 днів), добову мінливість, а також мінливість у продовж хвилин і секунд. Головні причини вікової та багаторічної мінливості гідрологічних характеристик – довгоперіодичні коливання клімату, а також вплив господарської діяльності людини. Головні причини внутрішньорічних (сезонних) змін – зміна сезонів року, коливань синоптичного масштабу – атмосферні процеси (переміщення циклонів, антициклонів і атмосферних фронтів), мінливості добового масштабу – обертання Землі навколо осі, супутній їй зміні дня та ночі та припливна діяльність. Природа коливань найменшого

у часі масштабу (хвилини, секунди) – хвилі на поверхні води, макро – й мікро турбулентність у водних потоках.

Гідрологічний режим водного об'єкта – хоча й закономірний, але все таки лише зовнішній прояв деяких складніших внутрішніх процесів, властивих водному об'єкту, або обумовлених його взаємодією з іншими водними об'єктами, атмосферою, літосферою. Спостерігаючи за рівнем або витратою води в річці, наприклад, і з'ясовуючи закономірності їх зміни, тобто вивчаючи їх режим, ми поки залишаємо осторонь причини цих змін. Для того, щоб їх розкрити, необхідно вивчити вже деякі як внутрішні, так і зовнішні процеси, що впливають на режим водного об'єкта. Тому гідрологи вивчають не тільки гідрологічний режим водних об'єктів, але й гідрологічні процеси, під якими розуміється сукупність фізичних, хімічних і біологічних процесів, що визначають закономірності формування гідрологічного стану й режиму водного об'єкта.

Щоб пізнати гідрологічні процеси в будь-якому водному об'єкті, необхідно вивчити, по-перше, явища, що відбуваються у водній товщі розглянутого об'єкта (перемішування, формування температурної та щільнісної стратифікації, формування внутрішньо водного льоду, продукування кисню завдяки життєдіяльності зелених рослин тощо); по друге, процеси на твердих межах водного об'єкта – його дна й берегах (взаємодія водного потоку та ґрунтів, розмив або акумуляція наносів тощо), по-третє, явища, що відбуваються на водній поверхні об'єкта – на межі поділу вода – повітря (тепло- й газообмін з атмосферою, випаровування та конденсація, утворення або танення крижаного покриву, виникнення хвиль і течій під дією вітру); по-четверте, взаємозв'язок водного об'єкта з його водозбором (умови формування стоку води, наносів, розчинених речовин, теплоти тощо).

При однаковому рівні антропогенного навантаження якість води буде відмінною при різних гідрологічних, термічних і гідробіологічних умовах. Самоочисна здатність водних об'єктів, що значною мірою визначає якість води, зумовлена гідродинамічними процесами розбавлення.

Особлива роль у формуванні головних рис гідрохімічного режиму водних об'єктів, особливо річок, належить водному стоку, оскільки основним носієм енергії, речовини у водних об'єктах є водна маса, і перебіг фізико-хімічних, біотичних та інших процесів значною мірою залежить від її величини й динаміки. Відповідно, і природна якість води непостійна в часі й залежить від фаз водного режиму гідрологічного об'єкту.

Роль, можливість і необхідність використання гідрологічних характеристик у процесі дослідження проблеми якості води особливої актуальності набувають на гірських річках в умовах найбільшої мінливості стоку. Особливо проблематичним є питання вивчення якості води у період низького стоку з найгіршими умовами її формування. Сьогодні вирішення цих проблем необхідно для розв'язання низки завдань, пов'язаних із оцінкою ступеню можливої зміни якості річкової води при надходженні забруднених вод, концентрації розчинених речовин при відповідних гідрологічних і гідрохімічних умовах водного об'єкта.

У зв'язку з зазначеним вище на особливу увагу заслуговують питання оцінки впливу гідрологічних чинників на стан і динаміку якості води, інтенсивність процесів самоочищення річок в маловодні періоди року.

Концепція геостоку створює основу для формування системних уявлень про залежність якості води, стану водних екосистем від мінливості природних і антропогенних складових геостоку, одним із яких є водний стік.

Стік води – активний чинник, який завдяки своїй динамічності й величині спрямовує перебіг фізико-хімічних і біотичних процесів формування якості води. Переважний вплив мінливості водного стоку на якість води чітко відображається у гідрохімічному режимі.

Якість річкових вод формується в особливих умовах хемогенезу, де водний режим, динаміка руслового потоку та характер внутрішньорічного поєднання джерел живлення є причинами її істотної просторової неоднорідності й часової мінливості.

Розгляд питань режиму якості води стосується її сезонних і багаторічних коливань під впливом речовинного складу джерел живлення річки, що зумовлюють періодичну заміну води в руслі і, відповідно, розчинених у ній хімічних речовин і біогенних елементів. Вивчення динаміки руслового потоку спрямоване на дослідження структур швидкісного поля та процесів внутрішнього водообміну як фізичної основи формування просторових відмінностей у розподілі концентрацій речовин. Сукупність гідродинамічних чинників проявляється як у різномасштабних процесах перемішування та перенесення розчинених речовин у локальних районах скидання стічних вод, так і в розподілі речовин у товщі водних мас усього водотоку.

Здійснення оцінки впливу гідрологічних чинників на якість річкових вод потребує цільового опрацювання відповідних теоретико-методологічних положень та методичних розробок. Вони представлені у контексті подальшого розвитку теорії й методики гідролого-гідрохімічних досліджень. Важливими складниками засад виконаного опрацювання є знання про таке: 1) механізми функціонування річкових екосистем, взаємозв'язки між абіотичними й біотичними компонентами гідро екосистеми; 2) методи диференційованої оцінки впливу гідрологічних чинників на якість природних вод; 3) нормування екологічного стану водних об'єктів з комплексних позицій, тобто з урахуванням гідрологічного, гідрохімічного та гідро екологічного режимів цих об'єктів та умов техногенезу.

Основними етапами оцінювання впливу гідрологічних чинників на якість води є такі: 1) концептуальний – обґрунтування принципів, підходів, показників і критеріїв оцінки та відбір способів і методів оцінювання; 2) інформаційно-експериментальний – параметризація оцінних гідролого-гідрохімічних характеристик із використанням даних режимних спостережень, експедиційних і лабораторних досліджень; 3) етап аналізу та синтезу – аналізування характеру й механізмів впливу гідрологічних чинників на якість води та встановлення кореляційно-регресійних залежностей між оціночними параметрами; 4) оцінно-рекомендаційний – оцінка ступеня прояву впливу

гідрологічних чинників на якість води та опрацювання можливих шляхів практичного використання отриманих результатів.

Для вивчення впливу гідрологічних чинників на якість води одними з найважливіших є такі: а) принцип нелінійності, відповідно до якого під час вивчення причинно-наслідкових зв'язків у природних системах необхідним є врахування їхнього нелінійного характеру; б) принцип провідного процесу, який вказує на наявність у складних динамічних системах одного елементу або процесу, що відіграє координувальну роль.

Встановлення ступеня впливу гідрологічних чинників на якість річкових вод потребує вироблення показників і критеріїв оцінки ефективності їх прояву.

Важливим компонентом хімічного складу природних вод, що істотно впливає на процеси формування якості води та стан водних екосистем, є розчинений кисень далі – (РК). Зазвичай у періоди мінімального стоку – зимовий та літньо-осінній, кисневий режим є найбільш напруженим.

Провідними у формуванні кисневого балансу річкових вод є гідрологічні чинники. З-поміж чинників цієї групи головним є турбулентний обмін, що визначає атмосферну аерацію водних мас. Порушення екологічно оптимального кисневого режиму, зазвичай, формується у районах впливу скидання стічних вод у річку, де відбувається інтенсивне витрачання кисню на розкладання органічних речовин стічних вод.

У період літньо-осінньої межени, зазвичай, більше зниження концентрації РК, порівняно із зимою, при однакових витратах води у річці та обсязі надходження органічних речовин, що зумовлено впливом температурного режиму на швидкість поглинання кисню та інтенсивність процесу атмосферної аерації вод.

Вплив водного стоку на інтенсивність процесів самоочищення річкових вод безпосередньо відбувається шляхом регулювання швидкості протікання фізико-хімічних і біогенних процесів, що призводять до трансформації забруднювальних речовин, перенесення та перемішування забруднень. Динаміка руслового потоку є найважливішим чинником у формуванні самоочисного потенціалу річкових вод, визначаючи гідродинамічний процес розбавлення. Загалом зростання рухомості водних мас зумовлює активізацію процесів трансформації розчинених речовин. Ця залежність нелінійна – найбільше посилення впливу динаміки водної маси на інтенсивність перетворення речовин проходить у діапазоні малих швидкостей – від 0 м/с до 0,2 м/с.

Вплив водного режиму на мінливість показників якості води. Класична гідрохімія надає особливої уваги дослідженню залежності хімічних властивостей річкової води та концентрацій розчинених речовин від гідролого-гідродинамічних характеристик як одному із вихідних пунктів щодо висвітлення теоретичних питань про умови формування гідрохімічного режиму річки. Це допомагає при розв'язанні прикладних завдань, зокрема, розробленні системи заходів запобігання забрудненню вод. Вивченням цієї проблеми найбільш детально займалися: колектив російських дослідників – В. В. Фадєєв,

М. М. Тарасов; українських – Л. Н. Горєв, В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський, Д. В. Закревський та інші.

Виявляючи закономірності залежності якості води від умов живлення, водного режиму та водообміну, можна запропонувати низку оптимізаційних заходів щодо запобігання забрудненню вод.

Необхідним є введення у водогосподарську практику методів розрахунку екологічно достатніх витрат далі – (ЕДВ) води. Останні визначаються на основі оцінки допустимих змін фізико-хімічних, гідрологічних, біотичних та інших показників стану водних екосистем при різних варіантах просторово-часової дії природних та антропогенних чинників. Режим ЕДВ у багаторічному та внутрішньорічному розрізі повинен задовольняти вимогам збереження гомеостазису річкової системи.

Рекомендується розробляти ефективні програми просторово-часової координації обсягів скидів у залежності від гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних умов формування екостану річки.

Підсумовуючи наведене вище можливо зробити деякі висновки:

1. Узгодженість вимог раціонального використання водних ресурсів з охороною водних об'єктів від забруднення визначає необхідність комплексного вивчення процесів формування якості води. У складній сукупності цих процесів важливу роль відіграють гідрологічні чинники. Вплив водного стоку на якість води найвиразніше проявляється у характері розподілу розчинених речовин у річці, ефективності процесів самоочищення та характеристиках мінливості гідрохімічних показників. Гідрохімічний режим річки є результатом прояву фазових змін генетичних складових річкового стоку протягом року.

2. Основними гідрологічними чинниками формування якості води річок є такі: водний режим, умови живлення і водообмін. Вплив цих чинників на якість води оцінюється за двома групами інтегральних гідролого-гідродинамічних показників. Перша – показники, що визначають мінливість загального навантаження річкового потоку розчиненими речовинами. До них належать витрата води та швидкість течії. Друга група – показники, що визначають просторовий розподіл розчинених речовин у водотоці. Вони включають коефіцієнти поперечної та поздовжньої турбулентної дифузії.

3. У маловодний період року головним чинником, що впливає на винесення розчинених речовин у річки і, відповідно, формування якості їхніх вод, є підземний стік, там де він є. Просторові закономірності зміни хімічного складу річкових вод визначаються специфікою надходження розчинених речовин із підземним стоком

4. Просторовий розподіл неконсервативних речовин у річкових водах, певним чином, зумовлений гідродинамічними характеристиками потоку. Зростання швидкості течії спричиняє активізацію процесів трансформації розчинених речовин. Сукупність гідролого-гідродинамічних чинників проявляється у процесах перенесення та перемішування розчинених речовин у локальних районах скидання стічних вод. Розміри ареалів забруднення й характеристики поля концентрацій визначаються, насамперед, швидкістю турбулентної дифузії та початковим розбавленням стічних вод.

5. Вплив водного режиму на мінливість показників якості води проявляється у зменшенні концентрацій головних іонів і мінералізації зі збільшенням водності річки. Антропогенний вплив змінює типові природні риси гідрохімічного режиму, обумовлені водністю. Водний і гідробіологічний режими визначають характер сезонних коливань концентрацій біогенних та органічних речовин. Річкам загалом притаманна тенденція погіршення якості води зі зменшенням водності.

6. Необхідним є введення у водогосподарську практику методів розрахунку екологічно достатніх витрат далі – (ЕДВ) води. Режим ЕДВ у багаторічному та внутрішньорічному розрізі повинен задовольняти вимогам збереження гомеостазису річкової системи. Величину ЕДВ необхідно підтримувати у річці для забезпечення належної якості води.

1.3 Характеристика сучасного екологічного стану природних вод

Упродовж свого існування людство використовує воду річок, озер і підземних джерел не тільки для водопостачання, а й для скидання в них забруднених вод і відходів виробництва. До початку ХХ ст. це не спричиняло особливої стурбованості. Сонячна радіація, кисень, фізико-хімічні процеси, живі організми забезпечували самоочищення водних об'єктів. Ще 50–70 років тому забруднені води міських поселень нерідко скидалися без очищення в річки. Через 15–20 км вони самоочищалися до такого рівня, що їх знову забирали на водопостачання інших міст. Значний розвиток урбанізації, концентрація у містах промислових підприємств, транспорту, збільшення обсягів видобутку корисних копалин, розширення масштабів осушувальних і зрошувальних територій, розорювання земель до річкових русел, створення великої кількості сміттєзвалищ зумовили значне, а в окремих регіонах критичне виснаження та забруднення поверхневих і підземних вод. Забрудненими виявилися не лише малі річки та озера, а й великі річкові системи, підземні водоносні горизонти. В освоєних регіонах світу не залишилося великих річкових і озерних систем із близьким до натурального гідрологічним режимом і хімічним складом вод.

У сучасних умовах господарської діяльності людини антропогенний вплив на природу став порівняним з природними процесами. Здатність природи до саморегулювання стала порушуватись. Людина, не зважаючи на закони природи, порушує їхню сталість, що часто призводить до корінних змін екосистеми.

У важких умовах опинилися такі елементи біосфери, як повітряне й водне середовище. Проблема отримання чистого повітря та свіжої води постала більше ніж перед 1/3 населення планети. Експерти ООН підраховали, що внаслідок відсутності чистої води й умов елементарної гігієни в країнах Азії, Африки і Латинської Америки від шлункових захворювань страждає близько 1 млрд осіб і вмирає 25 млн.

Проблема охорони природної води найгостріше постала в промислово розвинутих країнах і регіонах. Тут, де розвиток економіки визначається гонкою

за прибутком, природоохоронні заходи не отримують належного розвитку. Тому багато водотоків настільки забруднені стічними водами, що вони стали згубними для рослинного й тваринного світу та небезпечними для здоров'я людини.

Проблема охорони водних ресурсів є гострою й для нашої країни, де здійснення природоохоронних заходів натикається на непоборні труднощі. В особливо важких умовах перебувають малі річки густонаселених промислових районів, водні ресурси яких не забезпечують всі потреби господарств.

Як зазначають спеціалісти Національного інституту стратегічних досліджень, упродовж XX століття з метою збільшення господарського використання води відбулося масштабне зарегулювання ріки Дніпро та інших рік, що обумовило техногенні порушення 70–80 % руслового стоку, підпір ґрунтових вод, а також регіональне підтоплення земель. Незважаючи на істотне скорочення обсягів водокористування порівняно з 1990 роком – майже вдвічі) та відповідне зменшення техногенного навантаження на водні об'єкти, екологічний стан поверхневих і підземних джерел водопостачання не покращується. Щороку у поверхневій водній мережі країни скидаються великі об'єми недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод, що є наслідком неефективності систем очищення води. Забруднення води спричиняє деградацію річок, водосховищ, озерних систем та погіршення якості води, що негативно впливає на здоров'я людей. Головною причиною виникнення кризового стану довкілля є низький пріоритет екологічної політики в Україні.

Велика кількість малих річок у промислово розвинутих районах до цього часу є колекторами стічних вод і фактично справи загублені для використання населенням. У наслідок інтенсивного використання водних ресурсів змінюються якість і кількість води, складники водного балансу, гідрологічний режим водних об'єктів.

Господарсько-побутові, промислові сільськогосподарські скиди зумовлюють хімічне, фізичне біологічне й теплове забруднення гідросфери.

Хімічне забруднення води відбувається внаслідок надходження у водойми зі стічними водами шкідливих домішок неорганічного та органічного походження: сполук миш'яку, свинцю, ртуті, міді, кадмію, хрому, фтору тощо. Вони поглинаються фітопланктоном і передаються далі харчовим ланцюжком більш високоорганізованим організмам, що супроводжується кумулятивним ефектом, який полягає в прогресуючому збільшенні вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці харчового ланцюжка. Більшість цих домішок є токсичними для мешканців водойм.

Фізичне забруднення води зумовлює зміни фізичних властивостей – прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивності й температури тощо. Суспензії (пісок, мул, глинисті частини) потрапляють у водойми здебільшого внаслідок поверхневого змиву дощовими водами із сільськогосподарських полів, особливо тоді, коли розорюються водозахисні смуги вздовж річок і орні ділянки наближаються до самої межі води. Багато суспензій з діючих підприємств гірничодобувної промисловості заносять у

водойми сильні вітри (пил). Тверді частинки знижують прозорість води, пригнічуючи процеси фотосинтезу водяних рослин, забиваючи зябра риб, органи дихання водних тварин, погіршують смакові якості води. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні відходи, які потрапляють у водойми внаслідок викидів з АЕС, з частинками золи від працюючих ТЕС тощо. Саме вони найбільше загрожують природним водам і живим організмам.

Теплове забруднення водойм є окремим видом забруднення гідросфери, яке спричинене спусканням у водойми теплих вод з різних енергетичних установок. Тепло, що надходить з такими водами в ріки й озера, істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Основними тепловими забруднювачами є АЕС. Як свідчать спостереження, у ріках, розташованих нижче діючих ТЕС та АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються хворобами й паразитами.

Біологічне забруднення водного середовища полягає у надходженні зі стічними водами до водойм різних видів мікроорганізмів, рослин і тварин (віруси, бактерій, грибки, черви), невлавистих водній екосистемі, яка забруднюється. Більшість з них хвороботворні для людей, рослин і тварин. Найшкідливішими є комунально-побутові стоки, особливо коли вони надходять у водойми без очищення. Проте навіть за наявності очисних споруд певна кількість бактерій, вірусів тощо не затримується фільтрами й потрапляє у водойми. Промисловими біологічними забруднювачами є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати, цукрові заводи.

Порушення норм якості води досягло рівнів, які призводять до деградації водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення України використовує для своїх життєвих потреб недоброякісну воду, що загрожує здоров'ю нації.

Забезпечення водою населення України в повному обсязі ускладнюється через незадовільну якість води водних об'єктів. Якість води більшості з них за станом хімічного й бактеріального забруднення класифікується як забруднена та брудна (IV–V клас якості).

Найгостріший екологічний стан спостерігається в басейнах річок Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоках Дністра, Західного Бугу, де якість води класифікується як дуже брудна (VI клас). Для екосистем більшості водних об'єктів України властиві елементи екологічного та метаболічного регресу.

До основних забруднювальних речовин належать нафтопродукти, феноли, азот амонійний та нітратний, важкі метали тощо.

Для переважної більшості підприємств промисловості та комунального господарства скид забруднювальних речовин істотно перевищує встановлений рівень гранично допустимого скиду (далі – ГДС). Це призводить до забруднення водних об'єктів, порушення норм якості води.

Проблема екологічного стану водних об'єктів є актуальною для всіх водних басейнів України. Що ж до Дніпра, водні ресурси якого становлять близько 80 відсотків водних ресурсів України і забезпечують водою 32 млн населення та 2/3 господарського потенціалу країни, то це одне з найважливіших

завдань економічного та соціального розвитку й природоохоронної політики держави.

Це зумовлено складною екологічною ситуацією на території басейну, оскільки 60 відсотків її розорано, на 35 відсотках земля сильно еродована, на 80 відсотках – трансформовано первинний природний ландшафт. Водосховища на Дніпрі стали акумуляторами забруднювальних речовин.

Значної шкоди завдано північній частині басейну внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; у критичному стані перебувають малі річки басейну, значна частина яких втратила природну здатність до самоочищення. У катастрофічному стані знаходяться річки Нижнього Дніпра, де щорічно спостерігаються ускладнення санітарно-епідеміологічної ситуації, знижується вилов риби, бідніє біологічне різноманіття.

Екосистемі Дніпра поряд із щорічним забрудненням басейну органічними речовинами (40 тис. т), нафтопродуктами (745 т), хлоридами, сульфатами (по 400 тис. т), солями важких металів (65–70 т) завдає шкоди забруднення біогенними речовинами внаслідок використання відсталих технологій сільськогосподарського виробництва, низької ефективності комунальних очисних споруд.

Найбільшими забруднювачами водних об'єктів басейну р. Дніпро є такі: 1) чорна та кольорова металургія; 2) коксохімічне виробництво; 3) важке енергетичне, транспортне машинобудування; 4) комунальне господарство; 5) сільське господарство. Значну частину (майже 10 %) забруднення водних об'єктів басейну Дніпра становлять атмосферні опади. Господарський комплекс у басейні р. Дніпро протягом останніх десятиліть розвивався без урахування економічних та екологічних наслідків для України. Основний обсяг промислового виробництва з переважанням «брудних» галузей (металургійна, хімічна, вугільна), найбільші енергетичні об'єкти та масиви зрошуваних земель сконцентровані в басейні р. Дніпро, де місцеві водні ресурси значно менші, ніж потреби в них. Із Дніпра для потреб промисловості й сільського господарства щороку беруть майже 15 млрд м³ води, а в атмосферу басейну кожного року викидається понад 10 млн т газопилових забруднень. Із різними стоками (дошовими й талими водами) у Дніпро та водосховища потрапляє понад 50 тис. т азотних сполук, 40 тис. т фосфорних, 20 тис. т калійних, близько 1 тис. т заліза, 40 т нікелю, 2 т цинку, 1 т міді, 0,5 т хрому тощо. У зв'язку з будівництвом водосховищ порушилася екологічна рівновага, водообміну докорінно змінилися умови. Порівняно з природними умовами водообмін уповільнився в 14–30 разів.

Спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі привело до негативних наслідків в басейні ріки, серед яких головними вирізняють такі:

- річковий режим Дніпра штучно трансформовано в озерний, у зв'язку з чим різко уповільнився водообмін, утворилися зони застою, почастишали явища евтрофікації (збільшення вмісту біогенних речовин у водоймі, що зумовлює бурхливе розмноження водоростей, зменшення прозорості води та вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах унаслідок розкладу органічної речовини мертвих рослин і тварин, а також масову загибель донних організмів);

- рівень ґрунтових вод піднявся за межі берегів;
- посилюється засолення ґрунтів;
- об'єм підземного стоку збільшився майже в 10 разів, у зв'язку з чим значно зросло забруднення підземних вод, особливо в нижній частині басейну;
- змінився водно сольовий режим ґрунтів та зменшився вміст гумусу в них;
- зони посилення берегової ерозії.

Стосовно радіаційного забруднення басейну р. Дніпро, то серед основних радіоекологічних проблем зони відчуження виокремлюють такі:

- перевищення допустимого рівня надходження радіонуклідів у Київському водосховищі на 100–150 Ки;
- головне забруднення води у р. Прип'ять формується унаслідок стоків з території Республіки Білорусь (30–40 %) і незахищених ділянок заплави (40–50 %);
- у ближній до ЧАЕС зоні повсюди спостерігається підвищення рівня ґрунтових вод на 1,0–1,5 м, що зумовлює підтоплення пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів та інтенсивніше забруднення ґрунтових вод;
- на всій території зони відчуження збільшується ступінь обводнення та заболоченості, що спричинює деградацію та загибель лісів, перехід радіонуклідів у розчинні та колоїдні форми, прискорює швидкість їх міграції.

На сьогодні в Україні не залишилося жодного поверхневого водного об'єкта, який би за екологічним станом належав до водних об'єктів першої категорії. Згідно з оцінками експертів, найгірша екологічна ситуація спостерігається на річках Кальміус та Сіверський Донець (Донецька область), Азовському морі, озері Сасик (Одеська область), річках Лугань (Луганська область). Наприклад, р. Сіверський Донець і її притоки забруднені легкоокисними речовинами, нафтопродуктами, фенолами, сполуками азоту й важких металів.

Результати спостережень за якісним станом вод басейну р. Сіверський Донець свідчать про те, що спостерігається загальна тенденція до погіршення якості води за течією.

Головними факторами, що впливають на стан річок басейну, є надходження забруднювальних речовин зі зворотними водами промислових підприємств і комунальних господарств, з поверхневим стоком урбанізованих та сільськогосподарських територій.

Високий рівень забруднення р. Сіверський Донець зберігається на всьому її протязі до виходу в Ростовську область Російської Федерації. Основна кількість забруднювальних речовин до басейну р. Сіверський Донець у межах Луганської області надходить завдяки скидам підприємств хімічної та вугільної промисловості, житлово-комунального господарства безпосередньо в русла річок. Область покриває свої потреби переважно за рахунок підземних вод, що в подальшому потребують раціонального використання.

Екологічний стан річок Закарпаття також незадовільний і потребує негайного вирішення. Зауважимо, що для Закарпатського регіону розроблена

програма «Питна вода Закарпаття» на 2012–2020 роки для виконання невідкладних екологічних заходів, якими передбачено:

- належне державне фінансування в повному обсязі та розширене інвестування;
- впровадження пріоритетності питного водопостачання перед іншими видами спеціального водокористування;
- впровадження принципів поліпшення екологічного стану водних об'єктів на основі басейнового принципу, на засадах якого повинні бути розроблені та впроваджені водоохоронні програми для окремих населених пунктів;
- посилення державного нагляду та контролю за дотриманням водоохоронного режиму у зонах водозабору та режиму господарювання у прибережних захисних смугах і водоохоронних зонах та винесення їх у натуру;
- ліквідація диспропорції між потужностями водозабірних споруд і каналізаційних очисних споруд;
- будівництво нових і реконструкція існуючих каналізаційно-очисних споруд та мереж водопровідно-каналізаційного господарства

Основними причинами кризової ситуації, що склалася в басейнах великих і малих річок України, вважаються такі:

- спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі, у наслідок чого було затоплено понад 500 тис. га та підтоплено 100 тис. га продуктивних земель, зруйновано майже 1,5 тис. км берегів, змінено водний режим тощо;
- великомасштабні меліорації;
- будівництво низки великих промислових комплексів у басейнах річок;
- величезні об'єми водозбору для промисловості та зрошення;
- колосальні обсяги забруднень.

Кризову ситуацію поглиблюють не вирішені проблеми багатьох міст України пов'язані з втратою води в аварійних ситуаціях на системах водопостачання та водовідведення та налагодженням їх ефективного функціонування. Вони стали системними, хронічними й загрозливими для населення у зв'язку з погіршенням санітарно-гігієнічної ситуації, збільшенням підтоплених територій і негативного впливу на екологічний стан навколишнього середовища. Навіть ефективне очищення стічних вод не вирішує проблеми охорони водних ресурсів і має розглядатися як допоміжний засіб під час проведення сукупності водоохоронних заходів, а саме:

- зниження водоемності виробництв шляхом зменшення витрачення води на одиницю продукції з мінімальною кількістю стічних вод та інших відходів;
- переведення деяких галузей промисловості (де це можливо) на сухе виробництво;
- упровадження на більшості промислових підприємств замкнутих систем водопостачання;
- удосконалення очищення стічних вод;
- уникнення скидання у водні об'єкти забруднених вод різного походження;

- використання комунально-побутових стічних вод на зрошення й для водопостачання промисловості;
- удосконалення або зміни технології виробництва з метою зменшення насичення стічних вод шкідливими домішками та речовинами;
- ліквідація або очищення газо-димових викидів;
- контрольоване або обмежене використання отрутохімікатів і добрив на сільськогосподарських угіддях.

Було проведено якісний і кількісний аналіз деяких фізико-хімічних показників якості води річок Дніпро, Десна, Дністер, Сіверський Донець і Бахмут, результати якого відображені в таблиці 1.4. Узагальнена характеристика якості річкових вод подана в додатку В.

Таблиця 1.4 – Фізико-хімічні показники якості води річок України

Показники	Річки України					
	Дніпро	Десна	Дністер	Сіверський Донець	Бахмут	ДСанПіН 2.2.4-171-10
НСО ₃ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	183,6 (3,01)	244,0 (4,0)	182,4 (2,99)	268,4 (4,4)	400,8 (6,57)	Не норм.
СІ ⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	28,26 (0,796)	22,72 (0,64)	25,03 (0,705)	157,3 (4,43)	100,1 (2,82)	≤ 250,0
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	49,4 (1,03)	36,5 (0,76)	43,2 (0,90)	310-552,0 (6,34-11,5)	301,2 (6,27)	≤ 250,0
Жорсткість загальна, мг- екв/дм ³	3,8	4,5	3,77	8,65	17,6	≤ 7,0
Ca ²⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	52,7 (2,63)	63,73 (3,43)	57,11 (2,85)	108,62 (5,42)	241,1 (12,03)	Не норм.
Mg ²⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	14,11 (1,16)	13,25 (1,09)	11,55 (0,95)	36,5 (2,96)	67,97 (5,59)	Не норм.
Na ⁺ + K ⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	24,15 (1,05)	25,3 (1,1)	16,56 (0,72)	107,18 (4,66)	206,5 (8,98)	Не норм.
Мінералізація загальна, мг/дм ³	270,0	324,0	268,0	878–1 088,7	1 187,3	≤ 1000
Кольоровість, град	60,0	30,0	13,0	12,0	26,0	≤ 20
Каламутність мг/дм ³	12,0	8,9	35,0	101,0	39,0	≤ 1,0

З отриманих результатів аналізу видно, що величина мінералізації таких річок України, як Дніпро, Десна, Дністер, коливається в межах 270–324 мг/дм³, тоді як для р. Сіверський Донець і р. Бахмут фізико-хімічний склад змінюється залежно від населеного пункту та розвитку промисловості в ньому, тому значення загальної мінералізації становить від 1 090 до 1 730 мг/дм³, вміст сульфатів – від 310 до 613 мг/дм³, вміст хлоридів – 225–345 мг/дм³.

Значення загальної жорсткості для р. Сіверського Донця і р. Бахмут

становить 8,65 мг-екв/дм³ і 17,6 мг-екв/дм³ відповідно. Вміст кальцію і магнію, які пов'язані з показником жорсткості, становлять 108 мг/дм³ і 36 мг/дм³ (5,42 мг-екв/дм³ і 2,96 мг-екв/дм³) відповідно для Сіверського Донця та 241 мг/дм³ і 68 мг/дм³ (12,03 мг-екв/дм³ і 5,59 мг-екв/дм³) – для р. Бахмут. Варто відзначити, що співвідношення $Mg^{2+} : Ca^{2+}$ для р. Сіверського Донця становить 1:3, а для р. Бахмут – 1:3,6.

Кольоровість води р. Сіверський Донець складає 12 град і для р. Бахмут – 26 град, що перевищує значення ГДК. Каламутність води р. Сіверський Донець – 10 мг/дм³ і 39 мг/дм³ для р. Бахмут.

Опираючись на отримані результати досліджень, можна зробити висновок, що в річках Бахмут і Сіверський Донець більшість фізико-хімічних показників якості води не відповідають вимогам і значно відрізняються за складом від води річок Дніпро, Десна й Дністер, у яких, крім каламутності й кольоровості (див. табл. 1.4), усі інші показники відповідають вимогам ДСанПіН.

Спостерігається сумна статистика збільшення кількості забруднених ділянок водойм і зменшення чистих. Без прийняття практичних заходів із розчищення малих річок, модернізації існуючих та будівництва нових очисних споруд із реалізацією сучасних технологій видалення органічних забруднень і біогенних з'єднань азоту та фосфору неможливо вирішити проблему охорони водних об'єктів – зменшення їх забруднення та покращання екологічного стану.

Вирішення проблеми очищення стічних вод і припинення забруднення водних об'єктів можливе за умови достатньої фінансової підтримки існуючих природоохоронних програм на національному, регіональному та місцевому рівнях. Необхідно забезпечити збільшення фінансування природоохоронних заходів із Державного бюджету.

Підземні води України мають не менше значення для забезпечення населення питною водою. Варто зазначити, що майже 70 % населення сіл і селищ міського типу задовольняє свої потреби в питній воді за допомогою ґрунтових вод (колодязі) або глибших водоносних горизонтів (свердловини). Підземними називаються всі води, що розміщені у ґрунтах та гірських породах верхньої частини земної кори (до глибини 12–16 км) і заповнюють при цьому різні пустоти. Підземні води мають різне походження: переважна їх більшість утворюється внаслідок просочування в глибини Землі атмосферних опадів (інфільтраційна вода) або у зв'язку з конденсацією водяної пари безпосередньо в ґрунті (конденсаційна вода).

Підземні води також піддаються антропогенному й техногенному забрудненню, що пов'язано з існуванням на території України близько 3 тис. фільтрувальних накопичувачів стічних вод, а також з широким використанням мінеральних добрив та пестицидів. Джерелами забруднення цих вод є також, звалища промислових відходів, закачування забруднених вод у глибокі шари, інфільтрація забруднень з промислових і міських територій, фільтрація із забруднених річок. Підземні води нами будуть розглядатись лише як джерела поповнення поверхневих вод.

2 СКЛАД, ХАРАКТЕРИСТИКА ДОМІШОК І ЗАБРУДНЕНЬ ПРИРОДНИХ ВОД

2.1 Класифікації домішок

Чиста вода – це прозора без запаху та смаку рідина яка не має кольору в тонкому шарі. Інші відтінки свідчать, що у воді присутні різні розчинені й завислі домішки. Домішками ми будемо вважати всі речовини які знаходяться в розчиненому, колоїдному або завислому стані й відсутні у хімічно чистій воді. Висока універсальна розчинна здатність води обумовлює присутність у ній різних домішок природного й антропогенного походження. У воді природного походження завжди є розчинені мінеральні солі, завислі речовини, органічні й біологічні домішки, які надають воді певні властивості. Під впливом домішок антропогенного походження, невластивих вододжерелу, або високої їх концентрації чи токсичності, екологічно благополучний водний об'єкт може якісно змінюватись. Унаслідок змінюється клас і категорія якості води за станом, ступенем чистоти, екологічно-санітарними показниками. Тому такі домішки доцільно називати забрудненнями природних вод, а водний об'єкт забрудненим.

Згідно з діючими нормативними документами водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо показники складу та властивості води в них змінились під прямим або опосередкованим впливом виробничої діяльності й побутового використання населенням і стали частково або повністю непридатними для відповідного виду водокористування.

Критерієм забрудненості є погіршення її якості в наслідок зміни органолептичних властивостей і поява шкідливих речовин для людини, тварин, птиць, риб, кормових і промислових організмів в залежності від виду водокористування, а також підвищення температури води, яка змінює умови для нормальної життєдіяльності водних організмів.

Домішки й забруднення природних вод надзвичайно різноманітні за своїм походженням, фазово-дисперсним станом, рівнем токсичності, ступенем розчинності, що завжди спонукає до систематизації, розробки й функціонування різних класифікацій домішок за певними ознаками.

Системи класифікацій за найбільш загальними ознаками не можуть використовуватись для порівняння кількісних характеристик якості води різних джерел, придатності її для господарсько-побутових, питних, технічних, інших цілей, орієнтовного визначення методів водопідготовки, що надзвичайно важливо для фахівців. Тому існують інші системи класифікацій, за якими придатність води для певних цілей визначається за комплексом показників. Особливу практичну цінність мають класифікації де домішки води систематизовані за фазово-дисперсним станом.

Сьогодні найпоширеніші близькі між собою класифікаційні системи наведені в таблицях 2.1–2.3. Таблиця 2.2 наведена за авторством Л. А. Кульського, а 2.3 – фірми Rohm-Haas («Ром і Хаас»).

Таблиця 2.1 – Класифікація домішок природних і стічних вод за характерними ознаками і функціональними властивостями

Класифікаційні ознаки	Характерні представники домішок
1	2
1 За походженням	
1.1 Мінеральні	Пісок, глина, луи, кислоти, солі, гази, мул, шлак, зола
1.2 Органічні	
1.2.1 Рослинного походження	Гідрофіти (плаваючі, завислі, занурені), залишки та продукти розпаду гідрофітів, овочів, фруктів, рослин, гумінові й фульвокислоти
1.2.2 Тваринного походження	Залишки і продукти розпаду, риби тварин, фізіологічні виділення тварин, людей, комахи, зообентос
1.2.3 Штучного походження	Продукти і відходи підприємств органічного синтезу, нафтопереробних і нафтохімічних підприємств, хімічні сполуки захисту та підвищення продуктивності рослин (СПАР, феноли, флотореагенти, флокулянти, синтетичні барвники, пестициди)
1.3 Біологічні	
1.3.1 Біотичні(біогенні)	Зоо - і фітопланктон, бентосні водорості, молюски, риби, черв'яки ракоподібні, фізіологічні виділення, жири, білки, вуглеводи
1.3.2 Мікробіологічні (бактеріологічні)	Бактерії, віруси, грибки
2 За ступенем розчинності	
2.1 Істинно-розчинні	Мінеральні солі, луи, кислоти
2.2 Колоїдно-розчинні	Комплексні сполуки металів із гуміновими й фульвокислотами, високомолекулярні сполуки (студні), гідроксиди металів, флокулянти (кремнієва кислота, ПАА, крохмаль, еластичні гелі). Домішки, які створюють двофазні системи – емульсії, суспензії
2.3 Малорозчинні	Амінокислоти, жири, ефіри, нафтомаслопродукти, пестициди
3 За фазовим станом	
3.1 Тверді	Пісок, глина, водорості, зола, шлак, господарсько-побутові відходи рослинного й тваринного походження

Продовження таблиці 2.1

1	2
3.2 Рідкі	Нафтопродукти, емульсії, жири, відходи виробництва на основі органічних розчинників
3.3 Газові	Розчинені у воді гази – азот, кисень, метан, сірководень, піни, суміші – озонowo-повітряні, озонowo-кисневі
4. За походженням	
4.1 Природні	Пісок, глина, нафта, водорості, планктон, бактерії, віруси, гумусові речовини
4.2 Штучно створені	Продукти й відходи техногенного походження - СПАР, пестициди, розчинники (ацетон, ефіри).
5. За специфічними характеристиками	
5.1 Теплові	Теплове забруднення поверхневих вод шляхом скидання нагрітих стічних вод промислових підприємств і об'єктів теплоенергетики
5.2 Радіоактивні	Радіоактивні домішки (розчинні, зважені), які надходять зі стічними водами у водні об'єкти
5.3 Токсичні	Високотоксичні домішки 1- і 2-го класів небезпечності, які надходять зі стічними водами хімічних підприємств, кольорової металургії, гальванічних цехів

Домішки характеризують якість води, дають змогу орієнтовно визначити найбільш придатні методи обробки води для відповідних цілей, порівняти кількісні показники з діючими стандартами для характеристики вододжерел.

Таблиця 2.2 – Класифікації домішок за фазово-дисперсним станом

Група	Найменування домішок	Розмір часток, мкм	Характеристика домішок
1	2	3	4
Гетерогенна система			
I	Завислі речовини	$>10^{-1}$	Суспензії та емульсії, що зумовлюють каламутність води; мікроорганізми та планктон
II	Колоїдно-розчинні речовини	$10^{-1} - 10^{-2}$	Колоїди й сполуки високомолекулярні, що зумовлюють окисненість і кольоровість води; віруси

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Гомогенна система			
III	Молекулярно-розчинні речовини	$10^{-2} - 10^{-3}$	Гази, розчинні у воді; органічні речовини, що надають їй запаху й присмаку
IV	Речовини, дисоційовані на іони (електроліти)	$<10^{-3}$	Солі, кислоти, луги, що зумовлюють мінералізацію, твердість, лужність або кислотність води

В основу класифікації цих систем положенні дисперсність, фазовий стан домішок і сили, які утримують їх у воді.

Відповідно до цих класифікацій природні води розглядаються як дисперсні системи, що містять різноманітні домішки, які перебувають у твердому, рідкому, газовому стані й мають розміри від іонів і молекул до завислих речовин, утворюючих суспензії.

Сили, які утримують домішки у воді., впливають на стійкість системи й вибір методів очистки.

Таблиця 2.3 – Класифікація домішок вод за силами, які утримують їх у воді, і методи їх видалення

Фазова характеристика	Гетерогенні системи		Гомогенні системи	
Група	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Фізико-хімічна характеристика	Грубо дисперсні домішки: суспензії, емульсії, планктон, патогенні мікроорганізми	Домішки колоїдного ступеня дисперсності: органічні й неорганічні речовини, віруси, бактерії	Домішки молекулярного ступеню дисперсності: гази, органічні речовини, солі, кислоти, луги, не дисоційовані	Домішки іонного ступеня дисперсності: солі, кислоти, луги.
Поперечний розмір часток, мкм	>10	$10^{-1} - 10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-3}$	$<10^{-3}$
Методи видалення домішок із води	Фільтрування (механічне видалення)	Ультрафільтрація	Зворотний осмос, нанофільтрація	
		Коагуляція	Десорбція газів і речовин, евапорація важко летучих речовин	Переведення іонів у малорозчинні сполуки

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
		Окислення хлором, озоном, перманганатом		
		Адсорбція на гідроксидах і дисперсних мінералах	Адсорбція на активних вугіллях та інших матеріалах	Фіксація на тверді фазі іонів
	Агрегація при допомозі флокулянтів (аніонних і катіонних)		Асоціація молекул	Модяризація і комплексоутворення
	Флотація. Електроліз синьо-зелених водоростей.	Електрофоретичні методи	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація іонів за різним фазовим станом води
	Бактерицидна дія	Віруліцидна дія	Біохімічний розпад	Використання рухомих іонів в електричному полі
Сили, які утримують домішки у воді	Гідродинамічні	Електростатичні	Вандервальсові	Іонні сили розчинів

У таблиці 2.3 порівняно з таблицею 2.2 наведені додаткові важливі та корисні відомості для фахівців.

Методи обробки води, які визначають за класифікацією академіка Л. А. Кульського (групи I–IV, табл. 2.2), були доповнені А. Ашировим – групами домішок V, VI і подаються нами нижче в редакції автора.

Група I. Дія на завислі речовини, зокрема на бактерії (наприклад, седиментація, освітлення у завислому шарі, осідальне центрифугування, відцентрова сепарація в гідроциклонах, флотація, фільтрування на повільних і швидких фільтрах у безнапірному режимі тощо).

Група II. Дія на колоїдні домішки, зокрема на високомолекулярні сполуки й віруси: коагуляція, флокуляція, електрокоагуляція, електроіскровий метод, біохімічна деструкція, адсорбція на високодисперсних матеріалах, зокрема на глинистих, іонітах, окислення, хлоруванням, озонуванням, дією ультрафіолетом, γ - і β -випромінюванням, обробка ультразвуковою, обробка іонами важких металів – міді, срібла тощо.

Група III. Дія на розчинені органічні домішки й гази: десорбція газів і легко летучих органічних сполук шляхом аерірування, термічної та вакуумної відгонки, адсорбція на активних вугіллях, природних і синтетичних іонітах й інших високопористих матеріалах, екстракція органічними розчинниками які не змішуються з водою, евапорація (азеотропна відгонка, пароциркуляція), пінна флотація, ректифікація, окислення (рідкофазне, радіаційне, електрохімічне, біологічне, парофазне, хлором, озоном, діоксидом хлору тощо).

Група IV. Дія на домішки іоногенних не органічних домішок: іонний обмін, електродіаліз, реагентна обробка, кристалізація.

Група V. Дія на воду: дистиляція, виморожування, екстракція, кристалогідратами або органічними розчинниками, що змішуються з водою, магнітна обробка, зворотній осмос, напірне фільтрування.

Група VI. Дія на водну систему загалом: помпування у підземні горизонти, у глибини морів, захоронення, спалювання. Ці методи використовуються тільки в тому разі якщо методи перших п'яти груп економічно не доцільні.

Грубодисперсні домішки становлять агломерати з розміром частинок більше 100 нм та утворюють із водою гетерогенну систему. Вони розподіляються в об'ємі за допомогою гідродинамічних сил і практично не схильні до дифузії. Залежно від значення $\Delta P = P_{\text{ч}} - P_{\text{в}}$ (де $P_{\text{ч}}$ і $P_{\text{в}}$, відповідно, щільність частинок і води) грубо дисперсні домішки поділяються на тонучі ($\Delta P > 0$), завислі ($\Delta P = 0$) і плаваючі ($\Delta P < 0$).

Уважаємо доцільним окремо розглянути класифікацію та характеристику природних вод за вмістом завислих речовин, які значною мірою впливають на якість води та технологію водопідготовки. Завислі речовини природного й антропогенного походження за хімічним складом, щільністю, формою, фракційним складом, швидкістю випадіння в осадок істотно відрізняються між собою.

Звернемо увагу лише на особливості завислих частинок, які будуть використовуватись у монографії. До таких показників належать форма й крупність. За формою завислі у воді тверді частинки розподіляють на кульові, кубічні, пластинчасті та складної форми. Складні за формою частинки характеризуються показником розміру – приведений діаметр, який становить діаметр кулі рівновеликої за об'ємом частинці. Форму частинок оцінюють показником сферичності (C_{ϕ}) – відношення площі поверхні сфери з приведеним діаметром ($f_{\text{пд}}$) до фактичної площі (f_{ϕ}) поверхні частки ($C_{\phi} = \frac{f_{\text{пд}}}{f_{\phi}}$). Величина

обернена сферичності називається коефіцієнтом форми (α) – $\alpha = \frac{1}{C_{\phi}}$. Із рівняння видно, що для ідеальних кульових частинок $\alpha = 1$.

Фракційний склад стосовно крупних мінеральних частинок оцінюється за допомогою гранулометричного аналізу, який характеризує розподіл часток за розміром. У випадку коли розподіл за розміром частинок малої крупності оцінити неможливо, використовують непрямий метод визначення – за швидкістю їх випадіння в осадок. Швидкість рівномірного падіння твердої частки у безмежному просторі, зайнятому нерухомою рідиною при температурі 10°C, називається показником – гідравлічна крупність, позначається U_0 , мм/с.

Показник «гідравлічна крупність» надзвичайно широко використовується у седиментаційному аналізі для характеристики завислих речовин, зі щільністю понад 1 г/см³, на які не впливає броунівський рух, та в теорії і практиці очищення води. Характеристика завислих речовин за розмірами частинок важлива з екологічної точки зору для визначення місць їх інтенсивного

випадіння у річках, що призводить до кольматації частинками глини дна водотоку, замулювання нерестовищ, та завдає збитків рибному господарству.

Для прикладу приведемо співвідношення розміру частинок і значень показника «гідравлічна крупність» для поширених домішок природних вод (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Співвідношення лінійних розмірів частинок і гідравлічної крупності характерних представників домішок природних вод і тривалості їх випадіння

Домішки (умовно)	Лінійний розмір (приблизний) частинок, мм	Гідравлічна крупність, мм/с	Тривалість випадіння частинок на 1 м
Крупний пісок	1,0	100	10 с
Середній пісок	0,5	5,3	20 с
Дрібний пісок	0,1	6,9	2,5 хвилини
Крупний мул	0,050–0,027	1,7–0,5	10–20 хвилин
Дрібний мул	0,010–0,005	0,070–0,017	4–18 годин
Крупна глина	0,0027	0,005	2 доби
Тонка глина	0,0010–0,0005	0,00070	0,5–2 місяці
Колоїдні частки	0,0002–0,000001	0,000007	4 роки

2.2 Склад, характеристика домішок і забруднень природного походження

2.2.1 Мінеральні домішки

Завислі тверді мінеральні домішки, які містяться у природних водах, складаються переважно із частинок піску, глини, мулу. Завислі домішки впливають на прозорість води й рівень забрудненості загалом мають різноманітний розмір.

За розміром частинок їх прийнято розділяти на три фракції: пелітову (≤ 10 мкм), алевронову (10–100 мкм) і псамітову (> 100 мкм). Частка пелітової фракції в річковій воді в період паводків, або злив становить 70–80 % від загальної кількості домішок і збільшується вниз за течією у зв'язку з малим розміром, зменшенням частки кварцових часток та збільшенням глинистих. Тому нижче за течією буде збільшуватись у водному шарі концентрація солей важких металів які адсорбуються на глинистих частках та погіршуватись фізичні показники якості води. У пелітовій фракції переважають сполуки, які входять у склад ґрунтів – шпат, вермикуліт, глауконіт. У хімічний склад глин входять оксиди кремнію, алюмінію, заліза, титану, кальцію та інших металів, що істотно впливає на якість вододжерела та технологію очищення води.

Глинисті частки володіють амфотерними властивостями і, залежно від рН води можуть дисоціювати як кислоти або луги. Природні поверхневі води зазвичай мають значення рН у межах 6,5–8,5. У цих умовах поверхневий шар

мінеральних часток дисоціює у воді як кислота. Тобто частки набувають від'ємного заряду з величиною потенціалу в межах $-30\ldots-100$ Мв, утворюють високостійку колоїдну систему, впливають на показники мутності та прозорості води.

2.2.2 Органічні домішки

Органічні домішки є високомолекулярними продуктами фотосинтезу рослин і розпаду гумусу, що перебувають у природних поверхневих водах переважно в колоїдному й істинно – розчинному стані. Колоїдні фракції високодисперсні. Органічні сполуки обумовлюють кольоровість води, надають їй запах, змінюють присмак, часто зустрічаються у високих концентраціях у воді. Значний вплив на якість природних вод чинять гумусові речовини, які об'єднують під своєю назвою дві групи органічних сполук – гумінові кислоти й фульвокислоти. Гумусові речовини – це продукти конденсації ароматичних сполук фенольного типу з амінокислотами та протеїнами (білками) із яких у процесі самоочищення водного об'єкта утворюються гумінові кислоти та фульвокислоти. Джерелом постачання гумінових кислот у водні об'єкти є ґрунти із яких вони вимиваються дощовими й болотними водами.

Гумінові кислоти становлять складні суміші високомолекулярних темно пофарбованих, переважно у характерний бурий колір, органічних сполук, які утримують циклічні структури з різними функціональними групами – гідроксильними, карбонільними, карбоксильними, аміногрупами. Гумінові кислоти – гідрофільні сполуки. Їхня агрегативна стійкість обумовлена гідратними оболонками. Вони утворюють з іонами заліза й іншими металами комплексні асоціати, які поглиблюють кольоровість води. Гумінові кислоти є причиною жовтого кольору вод і з гігієнічної точки зору нешкідливі для людини але їх присутність у воді не відповідає вимогам стандартів для господарських, питних і технічних потреб. Молекулярна маса їх перебуває в інтервалі 500–200000 і більше.

Концентрація гумінових кислот у поверхневих водах становить десятки й сотні мікрограмів у 1-му дм^3 за вуглецем і досягає декілька мг у 1-му дм^3 у водах лісових і болотних місцевостей.

Фульвокислоти становлять сполуки типу оксікарбонових кислот із порівняно меншим складом вуглецю й більш вираженими кислотними властивостями. Вони жовтого кольору, добре розчинні у воді порівняно з гуміновими кислотами, а тому їхній вміст перевищує концентрацію гумінових кислот у 10 і більше разів. Фульвокислоти мають високий ступінь дисперсності та стійкість до дії сорбентів, краще окислюються окиснювачами, що враховується технологіями очищення води та складом очисних споруд. На відміну від гумінових кислот у їхньому складі дещо менше вуглецю, але більше кисню та водню (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Хімічний склад гумінових кислот і фульвокислот, %

Гумусові речовини	Хімічний склад			
	C	H	O	N
Гумінові кислоти	5,0...6,2	2,8...6,0	31...40	2...6
Фульвокислоти	4,4...4,9	3,5...5,0	44...49	2...4

Органічні домішки, які надають воді запах і присмак, становлять собою складні суміші ароматичних вуглеводів і кисень утримуючих сполук: спиртів, альдегідів, кетонів, складних ефірів. У їхньому складі виявлені леткі й не леткі карбонові кислоти, які утворюються в процесі життєдіяльності та розпаду водних організмів і подальшою біохімічною трансформацією органічних речовин. Вони мають гострий специфічний запах. Деякі з них наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Органічні домішки природних вод

Номенклатура		Структурна формула	ГДК у воді, мг/дм ³	
Історична (тривіальна)	Міжнародна (ІЮПАК)		ГДК _{гп} [*]	ГДК _р ^{**}
Мурашина	Метанова	НСООН	3,5	1,0
Оцтова	Етанова	CH ₃ COOH	1,0	0,01
Пропіонова	Пропанова	CH ₃ CH ₂ COOH	—	0,6
н-масляна	Бутанова	CH ₃ (CH) ₂ COOH	0,7	—
Валеріанова	Пентанова	CH ₃ (CH) ₃ COOH	0,1	—
Щавлева (оксалатна)	Етандикислота (етандіова)	HOOC-COOH	0,5	—
Малонова	Пропандикислота (пропандіова)	HOOC-CH ₂ -COOH	—	—
Бурштинова	Бутандикислота (бутандіова)	HOOC-(CH ₂) ₂ -COOH	—	—
Глутарова	Пентадикислота (пентадіова)	HOOC-(CH ₂) ₃ -COOH	—	—
Адипінова	Гексадикислота (гександіова)	HOOC-(CH ₂) ₄ -COOH	2,0	—
Малеїнова	цис-Бутендикислота (цис-Бутендіова)	HOOC-CH = CH-COOH	1,0	—
[*] ГДК _{гп} – гранично-допустима концентрація речовини у воді господарсько-питного та культурно-побутового водокористування, мг/дм ³ ^{**} ГДК _р – гранично-допустима концентрація речовини у воді водойм рибогосподарського значення				

Леткі кислоти – мурашина й оцтова утворюються в процесі життєдіяльності та розпаду організмів та біохімічної трансформації у воді органічних речовин. У незабруднених річкових і озерних водах мурашина кислота перебуває в концентрації до 830 мкг/дм³, у снігових – 46–78 мкг/дм³, морських до 680 мкг/дм³.

Пропіонова, масляна й двоосновні карбонові кислоти надходять у водні об'єкти переважно зі стічними водами хімічної промисловості. Вони надають воді запах і кислувато – в'язучий присмак.

Природні води забруднюються також гетерофункціональними сполуками, до яких належать гідроксикислоти й циклічні речовини, що мають специфічні хімічні властивості. Найпоширеніші й найвідоміші з них, які присутні у поверхневих водах наведені в додатку Г.

Гідроксикислоти є гетеро функціональні сполуки, у молекулах яких утримуються карбоксильні й гідроксильні групи, а тому вони добре розчинні у воді в будь-яких співвідношеннях, добре мінералізуються мікроорганізмами в процесі самоочищення та відзначаються надзвичайно терпким смаком. Збільшення основності гідроксикислот забезпечує високий рівень їхньої біохімічної деструкції в екосистемах.

Гідроксикислоти аліфатичного й ароматичного ряду є широко розповсюджені природні сполуки й утримуються практично у всіх рослинах і плодах у різних кількостях.

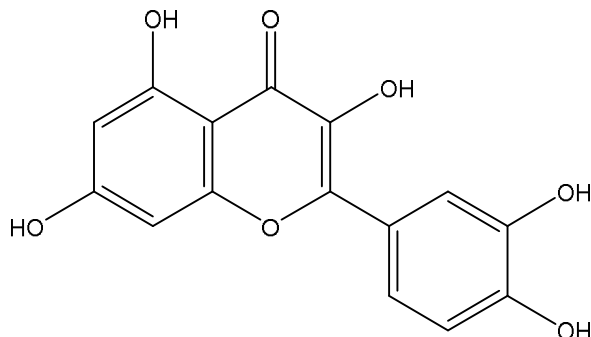
Наприклад, гліколева кислота у великій кількості міститься у незрілому винограді, цукровій тростині, кислих плодах незрілих яблук, агрусі, горобині, буряках. Лимонна кислота – у плодах цитрусових – 6–8 %, листях тютюну – 8–14 %. Саліцилова кислота зустрічається переважно у вигляді складних ефірів, є складником таніну, багато у корі дуба. Галова кислота міститься у великій кількості в листях чаю, дубовій корі, гранатових деревах. Мигдальна – у бузині, гірчиці та інших.

Гідроксикислоти утворюються в процесі бродіння овочів, фруктів (яблук, винограду, малини, горобини, агрусу, барбарису), виробництва багатьох вин і фруктових вод, синтезу лікарських препаратів, біохімічного розпаду листя дерев і рослин. Вони надходять також у водні об'єкти зі стічними водами парфумо-косметичних, овочево-консервних, та хімічних підприємств, прискорюють корозію металів, суттєво впливають на інтенсивність запаху та присмаку природних вод.

Циклічні органічні речовини, які відносяться до класу дубильних сполук надають природним водам кольоровість і запах. Джерелами їх появи у воді є листя та кора, які опадають із дерев. Кількість дубильних сполук у корі різних порід дерев відрізняється та становить: для сосни – 2,2–4,2 %, берези – 2,4–10 %, ялини (смереки) – 7–12 %, верби – 10–12 %, модрина сибірської – 10–15 %. Дубильні речовини широко використовують у виробництві шкіряних і хутряних виробів, а тому можуть надходити у водні об'єкти зі стічними водами таких підприємств.

Зі свого боку, органічні кислоти циклічної структури в природних водах є складником молекул дубильних речовин – таніну.

Таніни – це складні сполуки глюкози й галової кислоти, які знаходяться у корі дуба. Танін добре розчинний у воді, сильно в'язучий на смак. Характерним представником їх є кверцетин – природний барвник рослин. У найбільшій кількості він міститься у плодах червоного кольору. Структурна хімічна формула кверцетину та його кількісне утримання в зазначених плодах подаються нижче.



Таблиця 2.7 – Вміст кверцетину в рослинах і плодах

№ з/п	Назва плодів, рослин	мг/100 г продукту	№ з/п	Назва плодів, рослин	мг/100 г продукту
1	Бузина	42	7	Чорниця	5,1
2	Цибуля червона	33	8	Яблука червоні	4,7
3	Цибуля біла	21	9	Салат рамзи	4,5
4	Журавлина	15	10	Груші	4,5
5	Зелений перець чілі	15	11	Шпинат	4,1
6	Капуста червона	7,7	12	Вишня темно-червона	2,29

Кверцетин надзвичайно розповсюджений у переважній більшості рослин і плодів та продуктах їх переробки, зокрема червоному винограді, червоних винах, гречаній крупі, жолудях, горобині, обліписі та інших. Він порівняно добре розчинний у воді у зв'язку з високою полярністю молекули, а тому присутній у поверхневих водах, переважно малих річок і водойм.

Серед органічних природних домішок поверхневих вод, які істотно впливають на якість води, необхідно звернути увагу на присутність білкових речовин – амінокислот. Вони є кінцевим продуктом біохімічної деградації білкових речовин переважно в період відмирання фітопланктону. Під дією мікроорганізмів амінокислоти розщепляються до вуглекислоти та аміаку, додатково погіршуючи органолептичні й фізико-хімічні показники якості води. У цей період у вододжерелах зростає дефіцит кисню та спостерігається пригнічення адаптованих гідробіонтів.

Наявність у воді гідрофільних білкових сполук і їх похідних може змінювати заряд колоїдних часток відповідно до рН води. У схематичному вигляді молекула білка в нейтральному середовищі буде мати потенціал визначальної групи $\text{NH}_3^+\text{-R-COO}^-$, у кислому середовищі – $\text{NH}_3^+\text{-R-COOH}$, лужному – $\text{NH}_2\text{-R-COO}^-$ і істотно впливати на методи очищення води.

2.2.3 Біологічні забруднення

Природні води забруднені бактеріями, водоростями, простішими, черв'яками та іншими гідробіонтами.

Найпоширеніші біологічні забруднення – бактерії. У вигляді бактеріопланктону вони входять у склад планктонного співтовариства. Бактерії створюють стійкі зважені частинки у зв'язку зі щільністю близькою до води й високим вмістом води ($\approx 85\%$ у клітинах).

До основних мешканців водойм належать рослини – гідрофіти. Вони бувають плаваючими на поверхні, тобто такі що контактують із двома середовищами – водою та повітрям (ряска, водокрас, сальвінія) завислі у воді, які контактують лише з водним середовищем (рдест, планктонні водорості), занурені, тобто містяться у воді та ґрунті (елодея, уруть), плаваючі на поверхні рослини контактують із трьома середовищами – водою, ґрунтом, повітрям (латаття) і амфібійного виду, які займають берегові й при берегові мілководдя (частуха, рис). Зручніша для використання й відоміша класифікація водних організмів (гідробіонтів) за способом життя:

1) бентос (фітобентос і зообентос) – організми, які прикріплені до дна або живуть у мулі;

2) планктон (фітопланктон і зоопланктон) – плаваючі організми які переміщуються течією водного об'єкта. Фітопланктонні продуценти водойм і водотоків представлені діатомовими, пірофітовими, зеленими й синьо-зеленими водоростями. Фітопланктон є у водних об'єктах різного походження, розміру та гідрологічними характеристиками. Чисельність фітопланктонних мікро водоростей і їхній видовий склад помітно змінюється за порами року. Вони досягають високої щільності, обумовлюють «цвітіння води», погіршують органолептичні й бактеріологічні показники якості води, впливають на технологію водо підготовки.

Кількісний і якісний склад, інтенсивність розвитку зоопланктону є об'єктивними показниками функціонального стану водної екосистеми, рівня антропологічного навантаження та самоочищення. Максимально різноманітний видовий зоопланктон за якісними та кількісними показниками може характеризувати відсутність значного антропогенного навантаження на водний об'єкт. В свою чергу, розвиток вищої водної рослинності у водотоках і стоячих водах значною мірою залежить від ґрунтів, морфологічних і гідрологічних характеристик водних об'єктів та знижує негативний антропогенний вплив органічних забруднень, біогенних речовин, токсикантів на якість води.

3) перифітон – тварини та рослини, які закріплюються на стеблах і листах вищих рослин над дном;

4) нектон – сукупність плаваючих, які активно переміщуються – риби, амфібії, крупні плаваючі комахи;

5) нейстон – особа група нерухомих або плаваючих у поверхні води на грані водного та повітряного середовищ (до 5 см у глибину води) організмів. Високий рівень біологічного забруднення водних об'єктів властивий періоду

масового розвитку й відмирання водоростей при підвищенні температури води влітку або теплового впливу стічних вод (теплове забруднення).

Серед існуючих типів водоростей найбільше значення для прісних водойм мають зелені, діатомові й синьо-зелені. Водорості здійснюють процес фотосинтезу, а тому забезпечують воду киснем у період свого розвитку. Основним місцем їх проживання є водойми, але багато з них добре ростуть у ґрунті, добре розвиваються на очисних спорудах водопроводу і каналізації. У водоймах водорості містяться у товщі води та на дні, поселяються на стеблах вищих водних рослин. Водорості є первинними накопичувачами органічних речовин – джерелом харчування гідробіонтів, слугують індикаторами забрудненості природних водойм, використовуються як калійні добрива, сировина для виробництва лікарських препаратів, корм для тварин. Але у період цвітіння, масового розвитку й відмирання водоростей водоймам наноситься шкода – погіршується якість води, виникають проблеми з очищенням води на водопровідних спорудах.

Зелені водорості широко розповсюджені у неглибоких, стоячих водоймах і забруднених місцях – полях фільтрації, біофільтрах.

Діатомові водорості – є клітинкові мікроскопічні організми з розмірами 4–1 500 мкм, заселяють дно водойм і товщу води. У клітинах діатомових водоростей, крім хлорофілу, є бурі пігменти, що надає кольоровість водоростям – жовтуватий або темно-бурий. Несприятливі умови (замерзання, висушування) водорості витримують у стадії спокою.

Синьо-зелені водорості розвиваються в солоній і прісній воді, надзвичайно стійкі до несприятливих умов і невибагливі до поживних речовин.

Сапрофітові бактерії та віруси, які розвиваються у природних водоймах, відіграють значну роль у процесах самоочищення природних вод, є індикаторами рівня забрудненості води.

Розміри бактерій залежать від їхньої форми – кулястої, паличкоподібної, звивистої. Діаметр кулястої – 1–2 мкм, паличкоподібної – 0,5–1,0 мкм при середній довжині 2–7 мкм, звивистих – 0,25–1 мкм при довжині тіла 5–30 мкм, клітини вібріонів – 1–3 мкм.

Для кожного виду мікробів існує оптимальне значення активної реакції середовища (рН). Відхилення від цього значення пригнічує життєдіяльність мікробів, порушує каталітичну функцію ферментів клітини. Для багатьох бактерій оптимальним вважається величина рН=7, для нітритних – 4,7–8,8, нітратних – 6,5–9,3, сіркобактерій – 1,0–4,0, кишкової палички – 4,4–7,8. Сонячне світло й ультрафіолетові промені чинять літальну дію на мікроби. Кишкові палички (бактерії *coli*) виконують індикаторну функцію на забруднення природних вод фізіологічними виділеннями людей і тварин. Патогенні бактерії, які живуть у субстратах, можуть спричиняти тяжкі захворювання людини. У несприятливих умовах бацили утворюють спори, які зберігають свою діяльність сотні років. При потраплянні в оптимальні умови спори проростають і бактерії знову розмножуються.

На відміну від бактерій віруси мають менші розміри (від десятих до тисячних часток мікрметра) і видимі лише під електронним мікроскопом.

Віруси поражають бактерії, рослини, тварин, людей. Вони розмножуються у середині живої клітини, легко витримують висушування, низькі температури, але чутливі до дії ультрафіолетового випромінювання, що важливо для знезаражування води. Серед мікроорганізмів існують взаємовідношення симбіотичного, нейтрального й антагоністичного характеру. Антагоністи бактерій – різні грибки, які виділяють антибіотики (пеніцилін, стрептоміцин, тощо.) що летально діють на мікроби та сприяють самоочищенню природних вод.

За рівнем біологічного забруднення водойми класифікують на три основні категорії: полісапробну з числом колоній бактерій в 1 мл до $1 \cdot 10^6$, мезосапробну – до $1 \cdot 10^5$ і олігосапробну – до $1 \cdot 10^3$.

У воді озер і водосховищ міститься в середньому до $1,5 \cdot 10^3$ колоній бактерій в 1 мл, у річковій воді – до $1,25 \cdot 10^5$. У процесі самоочищення більшість бактерій антропогенного походження – кишкові палички, збудники черевного тифу, дизентерії, туляремії, чуми, поліомеліту – десятки діб, а спори сибірськовиразкових палочек – роками. Зміна рН, температури, кисневого режиму призводить до придушення їх розвитку й загибелі.

2.2.4 Розчинені у воді гази

Розчинені у воді гази – кисень, азот, сірководень, метан, діоксид вуглецю (вуглекислота), фтор, бром, інші галогени істотно впливають на якість води.

Присутність у воді вуглекислоти, сірководню та кисню надають воді корозійні властивості по відношенню до металу й бетону.

Галогени, зі свого боку, негативно впливають на якість води в процесі водопідготовки, не дивлячись на їхні мізерні концентрації в природних водах. Так, середній вміст броду в природних поверхневих водах перебуває в межах $0,001\text{--}0,025$ мг/дм³ і значно більше у мінералізованих підземних водах. У водах нафтоносного родовища може досягати 2000 мг/л. Концентрація йоду не перевищує $2,7 \cdot 10^{-3}$ мг/л.

Кисень потрапляє у воду з повітря внаслідок фотосинтезу, впливу фітопланктону та дії вищої водної рослинності, які заселяють близькі до поверхневі шари води.

Розчинність чистого кисню, який виділяється рослинністю, у п'ять разів більша, ніж розчинність кисню з повітря, у якому його вміст становить лише 21 %. Розчинність атмосферного кисню у воді зумовлена його парціальним тиском. Вода вважається насиченою киснем, якщо його концентрація перебуває в межах розчинності.

Концентрація кисню у воді залежить від температури й рівня забрудненості води (табл. 2.8).

Максимально можлива концентрація кисню розчиненого у воді з повітря становить 14,56 мг/л при температурі 0 °С.

Присутність у природній воді відновлювачів (аміаку, сульфідів, сульфідів, нітритів, органічних домішок й інших речовин, що легко окислюються), порушує існуючу рівновагу, знижує концентрацію кисню.

Таблиця 2.8 – Розчинність кисню в 1 л води за нормального тиску

$T, ^\circ\text{C}$	$O_p, \text{мг}$	$T, ^\circ\text{C}$	$O_p, \text{мг}$	$T, ^\circ\text{C}$	$O_p, \text{мг}$
4	13,13	13	10,6	22	8,83
5	12,8	14	10,37	23	8,68
6	12,48	15	10,15	24	8,53
7	12,17	16	9,95	25	8,38
8	11,87	17	9,74	26	8,22
9	11,59	18	9,64	27	8,07
10	11,33	19	9,35	28	7,92
11	11,08	20	9,17	29	7,77
12	10,63	21	8,89	30	7,63

У відкритих незабруднених водоймах кількість розчинного кисню близька до насичення та становить 8–9 мг/л. Кількість кисню у верхніх шарах водойм більше, ніж у глибинних, завдяки посиленій аерації та впливу процесу фотосинтезу рослинності.

У забруднених стічних водах розчинений кисень може бути відсутнім, або його концентрація не перевищувати 0,5–1 мг/л. Мінімальна концентрація кисню для нормальної життєдіяльності аеробних мікроорганізмів повинна складати 2 мг/л і більше.

В очищених стічних водах, які скидаються у водні об'єкти, концентрація розчиненого кисню перебуває у межах 4–8 мг/л. Отже, різке зниження концентрації кисню у водному об'єкті порівняно з нормою засвідчує, що вода забруднена стічними водами, у яких є відновлюючі речовини.

У процесах самоочищення та життєдіяльності водних об'єктів розчинений кисень має вирішальне значення та регламентується нормативами (див. додаток Ж). Тому розглянемо докладніше питання кисневого стану водних об'єктів.

Концентрація розчиненого кисню у водоймі є наслідком двох протилежних явищ які одночасно перебігають:

- 1) споживання кисню органічними речовинами, які знаходяться у річковій воді й забрудненнями, що вносяться стічними водами;
- 2) атмосферної реаерації – основного джерела забезпечення водойми киснем.

Витрата кисню на окислювання органічних речовин водного об'єкта призводить до ненасиченого стану. Різниця між концентрацією кисню при теоретичному (повному) насиченні (O_T) і фактичному (O_ϕ) називають дефіцитом кисню (D_K), тобто $D_K = O_T - O_\phi$, визначається у мг/л, або у відсотках повного насичення.

Вода вважається насиченою киснем, якщо його концентрація перебуває в межах розчинності при відповідних температурах і тиску.

На процес реаерації впливають ступінь ненасиченості води водойми киснем, площі водної поверхні, яка перебуває у контакті з атмосферним

повітрям, інтенсивності змішування водних шарів (гідрологічного режиму водойм).

Необхідно враховувати також особливості кисневого режиму водойм у період утворення льоду й відсутності реаерації закритого льодом водного об'єкта. При зниженні температури води розчинність кисню збільшується, а тому окиснення органічних забруднень не буде особливо негативно впливати на кисневий режим водойм. Якщо стічні води у своєму складі містять легко окиснювані забруднення, що інтенсивно споживають кисень, то може настати катастрофічне збіднення водойми по концентрації кисню, яке не буде ліквідовано на великі відстані у зв'язку з обмеженою реаерацією води під льодом. Це може привести до замору риби й загибелі інших гідробіонтів.

Варто мати на увазі, що гідробіонтам немає серйозної загрози для життєдіяльності, якщо в період найбільшого порушення кисневого режиму концентрація кисню буде відповідати нормативним вимогам Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами.

Закономірність споживання та насичення киснем водного об'єкта враховуються в розрахунках допустимої концентрації органічних забруднень у стічних водах, які скидаються у водойми й будуть детально розглянуті нами нижче.

Взаємодія та вплив цих явищ на насиченість киснем водного об'єкта схематично зображена на рисунку 2.1 за С. Н. Черкинським.

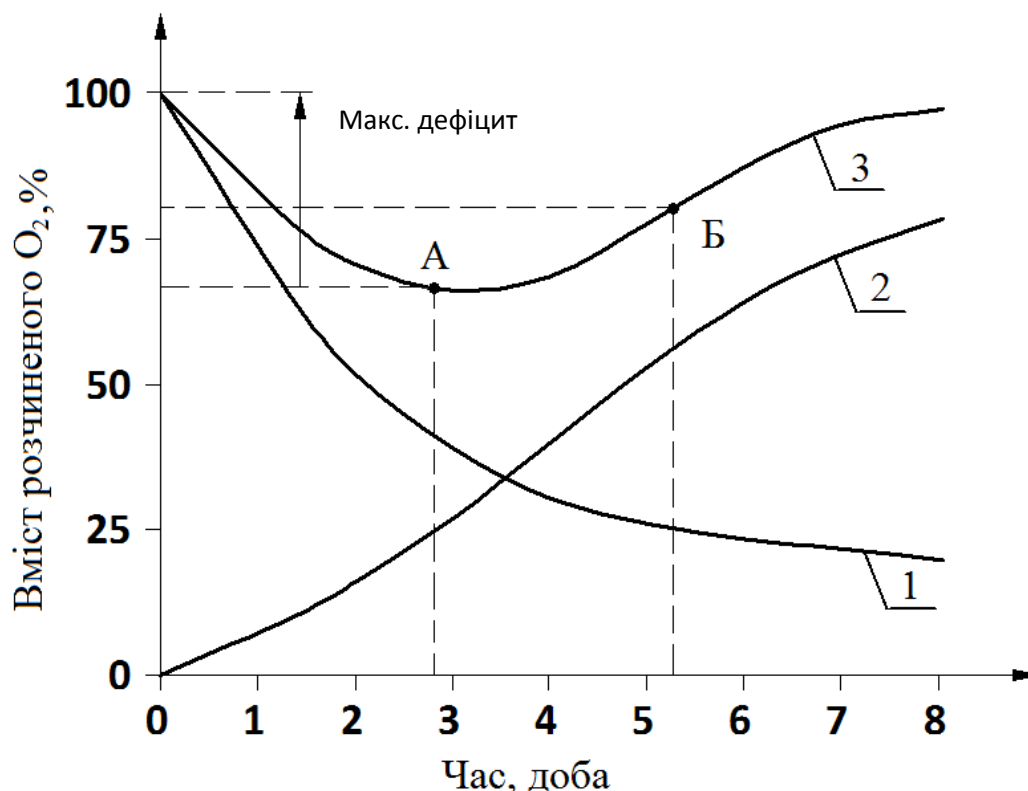


Рисунок 2.1 – Схема процесу споживання кисню органічними домішками:

1 – крива споживання кисню; 2 – крива реаерації; 3 – крива прогину (результуюча); А – критична точка; Б – точка максимальної швидкості відтворення

Крива, яка характеризує концентрацію розчинного кисню в часі об'єднує результати дії процесів споживання кисню та швидкості реаерації у кожний момент, називається «результуючою кисневою кривою», або «кисневого прогину».

Результуюча крива засвідчує, що дефіцит кисню у водоймі може різко збільшуватись, досягаючи максимального значення (критичної точки, А) за певний проміжок часу, а потім за рахунок реаерації зменшуватись до повного насичення.

Азот у природні води проникає із повітря, при розпаді органічних залишків, а також відновлення азоту денітрифікуючими бактеріями. У процесі гниття рослин, аміак, який виділяється у воду, істотно впливає на технологію обеззаражування води хлором.

Присутність у поверхневих водах сірководню та метану зумовлена процесами мікробіологічного розпаду рослинних залишків у анаеробних умовах у донних відкладах.

У деяких підземних водах унаслідок відновлення гіпсових порід або сульфідів концентрація сірководню досягає максимального значення, але не перевищує декількох десятків міліграмів на літр.

Сполуки сірководню у воді можуть бути у вигляді молекулярно розчиненого сірководню (H_2S), гідросульфідів (HS^-), сульфідів (S^{2-}). Співвідношення між різними формами залежить від величини рН. У кислому середовищі $pH < 4$ сірководень знаходиться переважно у вигляді вільного газу H_2S і практично відсутній у вигляді гідросульфідів. У лужному ($pH > 9$) середовищі максимальної концентрації досягають гідросульфідів і мінімальної – сульфідів.

Наявність сірководню у воді згубно діє на риб, вода набуває неприємного запаху тухлих яєць, різко знижує вміст розчиненого в ній кисню.

За наявності у воді сірководню та заліза утворюється тонко дисперсний осад сульфиду заліза (FeS), що інколи спостерігається у тупикових ділянках водопровідної мережі з малим відбором води.

Метан присутній переважно у болотних водах, де інтенсивно протікають процеси розпаду клітковини рослинних залишків, а також у підземних водах газонафтоносних районів концентрація метану досягає 30 мг/л і більше.

Важливу роль у природних водах відіграє фтор. Він відноситься до біогенних елементів і, потрапляючи в організм людини через питну воду, впливає на серцево-судинну систему, хрупкість кісток, виконує антибактеріальну функцію. Високий вміст іонів фтору інгібує низку ферментативних реакцій, зв'язує важливі мікроелементи – фосфор, кальцій, магній та інші, порушує баланс в організмі. У разі нестачі фтору у питній воді поширюється у людей захворювання зубів – карієс (руйнування зубів), а у разі надлишку – флюороз (плямистість зубної емалі). Такий важливий вплив фтору на організм людини потребує системного контролю його концентрації в природних водах і питній воді.

2.2.5 Мікробіогенні елементи

Мікробіогенні елементи необхідні для існування та життєдіяльності живих організмів, входять у їх склад і містяться в природних водах у достатній кількості для біологічного круговороту майже у всіх регіонах України. До мікро біогенних елементів належать: фтор, йод, бром, ванадій, залізо, цинк, мідь, хром, кобальт, нікель, марганець, миш'як, рутеній, стронцій та інші. Деякі мікроелементи проявляють тяжіння до відповідних тканин організму людини. Наприклад, фтор до емалі зубів, йод до щитовидної залози, цинк до підшлункової залози, молібден до нирок.

Одним із чутливих, щодо організму, та проблемних мікроелементів є фтор, концентрація якого у природних водах надзвичайно різноманітна й перебуває в межах від повної відсутності в поверхневих вододжерелах до надзвичайно високих концентрацій у підземних водах. У прісних поверхневих водоймах, які використовуються для водопостачання населення та промисловості, концентрація фтору перебуває в межах від 0,01 до 0,8 мг/дм³, рідше 0,8–20 мг/дм³, а в підземних – може бути в межах 20–100 мг/дм³.

В Україні у відповідності до концентрації фтору в природних водах виокремлюють чотири геохімічні регіони:

1. Закарпатська, Івано-франківська, Черновецька, Львівська, Волинська, Рівненська області де його концентрація в питній воді приближена до нульової та перебуває в межах 0–0,3 мг/л.

2. Житомирська, Вінницька, Хмельницька, Миколаївська, Херсонська, Київська, Одеська, Запорізька, АР Крим характеризуються пониженим вмістом фтору у воді – 0,3–0,6 мг/л.

3. Чернігівська, Луганська, Черкаська, Сумська, Харківська, де концентрація фтору в природних водах вважається в межах норми і складає 0,6–1,5 мг/л.

4. Полтавська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Донецька. Природні води регіону характеризуються підвищеним вмістом фтору – 1,5–3,0 мг/л. Найвища концентрація фтору відмічається у природних водах міста Полтави – 1,5–3,0 мг/л.

Основними джерелами постачання фтору є фтор утримуючі мінерали – фторапатит, флюорит, кріоліт, ґрунти й вулканічні гази. Також у природні води фтор надходить зі стічними водами гірськорудних, металургійних, хімічних, нафтохімічних, скляних, цементних, керамічних, лакофарбних, текстильних, та інших підприємств.

Фтор, потрапляючи в організм людини через питну воду, впливає на серцево-судинну систему, хрупкість кісток, виконує антибактеріальну функцію. Високий вміст іонів фтору інгібує низку ферментативних реакцій, зв'язує важливі мікроелементи – фосфор, кальцій, магній та інші, порушує баланс в організмі. У разі недостачі фтору у питній воді поширюється у людей захворювання зубів – карієс (руйнування зубів), а у разі лишку – флюороз (плямистість зубної емалі). Такий важливий вплив фтору на організм людини потребує системного контролю його концентрації в природних водах і питній

воді. Тому його концентрація регламентується нормативними документами. Так, у водних об'єктах господарсько-питного та культурно-побутового використання ГДК фторидів не повинна перевищувати 1,2 мг/л, у рибогосподарського – не вище 0,75 мг/л, а в стічних водах до 1,5 мг/л.

Інші мікроелементи природного походження у поверхневих водах перебувають у межах ГДК. Перевищення нормативів відбувається лише в результаті техногенно-антропогенного впливу на водний об'єкт.

2.3 Склад і характеристика забруднень антропогенного походження

Більшість водних об'єктів України використовуються для водопостачання та рекреаційних цілей і, одночасно, приймають стічні води. Тому в найбільш обжитих регіонах не залишилось річкових систем із природним гідрологічним режимом і хімічним складом води, не порушених антропогенною діяльністю.

Концентрація населення, промисловості, будівництва на обмежених площах, переважно у містах, формує урбанізовані території, на яких відбуваються зміни всіх елементів природного середовища – повітряного басейну, ґрунтового та рослинного покривів, ґрунтових і поверхневих вод. На урбанізованій території в межах міст утворюється велика кількість стічних вод різних категорій, які містять мінеральні, органічні, бактеріальні забруднення. Збагачення води біогенними домішками стимулює розвиток фітопланктону, призводить до сезонного цвітіння води та погіршення якості вододжерел. Скидання токсичних забруднень сприяє їх накопичуванню у водному об'єкті, знижує рівень самоочисної здатності вододжерела. Забруднена вода може стати непридатною для окремих водоспоживачів або потребувати значних технічних і фінансових затрат для доведення її якості до стандартів. Істотний вклад у погіршення екологічного стану водних ресурсів в якісному і кількісному вимірах вносить поверхневий стік з міської території – атмосферні й поливально-мийні води. Наявність на урбанізованій території великих водонепроникних ділянок (будинки, дорожні покриття, промислові й господарські будівлі) перешкоджає інфільтрації води в ґрунт, перерозподіляє підземні й поверхневі складники водних ресурсів, негативно впливає на гідрологічний режим водного об'єкта.

Найінтенсивніше забруднюють поверхневі води підприємства металургійної, хімічної, нафтопереробної, целюлозно-паперової, машинобудівельної галузей промисловості. Основними забруднювальними речовинами в стічних водах підприємств цих галузей є такі: нафта, нафтопродукти, феноли, кольорові метали, ціаніди, СПАР, хімічні сполуки тощо. Особливим видом промислового забруднення водних об'єктів є теплове забруднення обумовлене випуском теплих вод від енергетичних установок. Теплове забруднення істотно впливає на термічний і біологічний режим водойм. У наслідок цього порушуються умови нересту риби, може гинути зоопланктон, підвищуватись захворювання риб паразитами.

В Україні у 2007 р. господарсько-побутові стічні води склали 28,65 % від усього об'єму стічних вод, які були скинуті у поверхневі водойми. Занепокоєння спричиняє скид недостатньо очищених стічних комунальних вод у зв'язку з їх бактеріальним забрудненням, зокрема патогенним. Особливістю цієї категорії стічних вод є тенденція постійного їх збільшення у зв'язку з ростом чисельності міського населення та покращенням санітарно-гігієнічних умов життя.

Значну негативну дію на підземні й поверхневі природні води чинять поверхневі стічні води із сільськогосподарських полів і тваринницьких ферм. Ці води забруднені пестицидами, біогенними речовинами, вірусами, бактеріями. Особливість стічних вод від тваринницьких господарств характеризується порівняно малими витратами, але надзвичайно високій концентрації забруднень. Особливо високотоксичні й висококонцентровані стічні води свиногокомплексів, які накопичуються переважно у неекраниваних відстійниках, фільтрують у ґрунтові води, а потім дренують у річки.

Спільний вплив промислових, господарсько-побутових, зливних, поливально-мийних і сільськогосподарських вод на водні об'єкти важко прогнозувати та передбачити наслідки. У цих умовах найкращий ефект щодо покращення екологічного стану водних ресурсів можливо досягти внаслідок раціонального й комплексного використання води на підприємствах і в побуті.

Склад стічних вод надзвичайно різноманітний і тому ми розглянемо переважно характеристику забруднень антропогенного й техногенного походження, які глобально впливають на природні води й найпоширеніші в Україні.

2.3.1 Нафта та нафтопродукти

Найпоширеніші забруднення природних вод є сира нафта та вироби з неї – рідке паливо (бензин, керосин), мастила. Нафта й нафтопродукти не є природними компонентами складу води річок і водойм, а тому їх появу у водних об'єктах можливо розглядати як забруднення.

Нафтопродукти є надзвичайно високотоксичні забруднення техногенного походження та в найбільшій кількості надходять у навколишнє середовище від підприємств основного органічного синтезу, нафтохімічних, хіміко-фармацевтичних, коксохімічних, машинобудівних, виробництва пластмас, вибухових речовин, іонообмінних смол, лаків, фарб,

Особливо тяжкі наслідки для водних об'єктів спостерігаються при концентрації нафтопродуктів $0,001\text{--}10\text{ мг/дм}^3$. Присутня на воді нафтова плівка негативно відбивається на розвитку вищої водної рослинності та мікрофітів, а вода набуває специфічного смаку, запаху, змінює кольоровість, рН середовища, погіршує газообмін з атмосферою. З часом відбувається перерозподіл між основними формами міграції забруднень у водному середовищі зі збільшенням частки розчинних, емульгованих, сорбованих складників нафти та зменшенням розмірів плівки.

Нафта становить в'язку маслянисту рідину темно-коричневого кольору зі слабо вираженою флуоресценцією. Головні компоненти нафти – вуглеводи (до 98 %) розподіляються за хімічним складом на 4 класи: парафіни (алкани), циклопарафіни (нафтени), ароматичні вуглеводи, й олефіни (алкени). Парафіни (становлять до 90 % від загального складу нафти), є стійкі насичені сполуки загальної формули $C_n H_{2n+2}$. Парафіни включають гази (метан, етан, пропан, бутан), сполуки з 5–17 атомами вуглецю – рідини, а з більшим числом атомів вуглецю – тверді речовини. Легкі парафіни – леткі речовини й розчиняються у воді. Науково обґрунтовано, що при температурі води 15 градусів усі вуглеводи до C_{15} випаровуються за 10 діб. Розчинність вуглеводів зменшується зі збільшенням числа атомів вуглецю в молекулі.

У разі присутності у природних водах метану, етану, етилену, і подальшому знезаражуванні води хлором, утворюються високотоксичні речовини із малотоксичних, що може зробити воду непридатною для питних потреб (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Порівняльна характеристика рівня токсичності деяких домішок природних вод до й після знезаражування хлором

Домішки природних вод до знезаражування	ОДР, мг/дм ³	Речовини, які утворюються в процесі знезаражування	ОДР, мг/дм ³
CH ₄ – метан	2,0	CHCl ₃ – хлороформ	0,06*
		CCl ₄ – чотирихлористий вуглець	0,006
		CHBr ₃ – бромформ	0,03
CH ₃ – CH ₃ – етан	-	CH ₂ Cl – CH ₂ Cl – 1,2- дихлоретан	0,02
CH ₂ = CH ₂ – етилен	0,5*	CHCl = CCl ₂ – трихлоретилен	0,06
		CH ₂ = CCl ₂ – 1,1- дихлоретилен	0,0006*

ОДР – орієнтовно допустимий рівень речовини у воді водних об’єктів господарсько–питного і культурно-побутового водокористування

* – Гранично допустима концентрація (ГДК) речовини у воді водних об’єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування

Із даних таблиці 2.9 видно, що рівень токсичності утворених речовин у процесі знезаражування збільшився у десятки разів порівняно з вихідними, що вимагає, у цьому разі, перегляду технології знезаражування.

Крім наведених в таблиці 2.9 токсичних домішок у разі знезаражування хлором природних вод утворюються також небезпечні для здоров'я людини галогенутримуючі речовини – дихлорбромметан, дибромхлорметан. Найбільша кількість токсичних речовин утворюється під час хлорування природних вод із

порівняно високим вмістом гумінових і фульвокислот, ванілінової та галової кислот, дубильних речовин і забруднених нафтопродуктами.

Стічні води переважно нафтодобувної та нафтопереробної промисловості у своєму складі утримують циклічні хімічні речовини які негативно впливають на ефективність життєдіяльності людини й водних організмів. Ці речовини перебувають у твердому, рідкому, газоподібному станах. У разі потрапляння у водні об'єкти, забруднюють воду, практично не розчиняються у воді, не видаляються на міських спорудах біологічної очистки та надзвичайно повільно знезаражуються у поверхневих водоймах. Біохімічний процес розпаду нафти й нафтопродуктів завершується за 100–150 днів у природних умовах. Відбувається пригнічення водної екосистеми, а з часом вимирання флори й фауни. Найбільш токсичну дію виявляють розчинені вуглеводні на живі організми поверхневих вод. Гранична концентрація вуглеводнів при дії на риб перебуває у широкому діапазоні й становить, наприклад, для бензолу 5 мг/л, бензинів в залежності від виду 50–200 мг/л, для автомобільних і паливних масел 50–100 мг/л, для нафталіну 2,5–5 мг/л.

Циклічні й поліциклічні речовини які входять в склад нафти, нафтопродуктів, барвників, пестицидів, пластмас, фотоматеріалів, надходять зі стічними водами у водні об'єкти. Серед цих речовин є газоподібні циклопарафіни - циклопропан і циклобутан, рідини – від C_5 до C_{16} , починаючи від C_{17} – тверді. Характеристика деяких представників наведена у додатку Д.

Циклопарафіни – насичені циклічні сполуки формули C_nH_{2n} із 3–6 (зазвичай із 5–6) атомами вуглецю в кільці (становлять 30–60 % від загального складу нафти). У нафті, крім найрозповсюдженіших циклопентану й циклогексану, зустрічаються біциклічні та поліциклічні нафтени. Ці сполуки дуже стійкі, погано мінералізуються мікроорганізмами. Багато з них є мутагенні й канцерогенні.

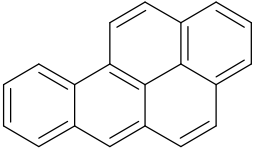
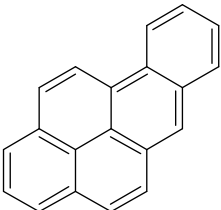
Ароматичні вуглеводи (20–40 % від загального складу нафти) – ненасичені циклічні сполуки ряду бензолу. Леткі речовини – бензол, толуол, ксилол. Зустрічаються в складі нафти біциклічні (нафталін), трициклічні (антрацен, фенатрен), поліциклічні (тетрацен, пірен, бензопірен) вуглеводи. Циклічні речовини зі складу нафти використовуються також у виробництві неіоногенних ПАР, антисептиків, входять у склад бензинів, лаків. Широке використання ароматичних вуглеводів у промисловості обумовлює високу ймовірність забруднення навколишнього середовища надзвичайно токсичними, канцерогенними, кумулятивними хімічними речовинами, та необхідність запобігання їх скидів і викидів.

Поліциклічні ароматичні вуглеводи становлять просторий клас хімічних сполук. Їхня кількість перевищує 200 представників, більшість із яких, за токсикологічною дією на біоту належить до суперекотоксикантів І класу небезпеки. Особливо небезпечний для навколишнього середовища бензопірен (бензопірен, бенз(а)пірен, 3,4-бензопірен). Відомі поширені санітарно-токсикологічні характеристики його подані в таблиці 2.10.

Він надходить у навколишнє середовище найбільше від викидів і скидів підприємств нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, з димовими

газами ТЕЦ, котелень, автотранспорту, місць лісових пожеж, високотемпературних процесах обробки органічної сировини – перегонці, коксуванні. З атмосферними осадками переходить у ґрунти, рослинність, водні об'єкти, а потім довго мігрує із одних об'єктів в інші, оскільки бензпірен є хімічно стійкою сполукою.

Таблиця 2.10 – Фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні характеристики бензпірена

Хімічна формула речовини	Характерні санітарно-екологічні характеристики
<p>1) коректна назва: бензпірен, бензопірен</p>  <p>2) коректна назва ізомерів: 3,4-бензпірен, бенз(а)пірен</p> 	<p>1) практично не розчинний у воді (розчинність до 0,000 062 г/100 мл);</p> <p>2) ГДК:</p> <ul style="list-style-type: none"> - у водних об'єктах до 0,000 001 мг/дм³; - у питній воді централізованого постачання до 0,000 005 мг/дм³; <p>3) безпечність:</p> <ul style="list-style-type: none"> -токсичний; -канцерогенний; -мутагенний; -біоаккумуляційний

Олефіни (до 10 % від загального складу нафти) – ненасичені нециклічні сполуки з одним або двома атомами водню у кожного атома вуглецю в молекулі з прямим або розгалуженим ланцюгом.

У нафті присутні сіркоутримуючі сполуки (до 7 % сірки), жирні кислоти (до 5 % кисню), азотні сполуки (до 1 % азоту) і деякі металоорганічні з ванадієм, кобальтом і нікелем.

Змішуючись із водою, нафта утворює емульсії «нафта у воді» і «вода в нафті» різної стійкості. Прямі емульсії не стійкі.

Особливо відрізняються між собою різні класи вуглеводнів за інтенсивністю їхнього запаху: найслабкіший запах мають чисті нормальні парафіни. Леткі парафіни – усі вуглеводні від н-гептану до н-нонану мають приємний фруктовий запах. Тверді парафіни не мають запаху. Специфічний «бензиновий» запах засвідчує, що у воді переважають ізопарафіни, нафтени і, насамперед, ароматичні вуглеводні.

Низькомолекулярні, нафтенові і, особливо, ароматичні вуглеводні чинять токсичну дію на організм людини, поражають серцево-судинну й нервову системи. Найбільшу небезпеку спричиняють поліциклічні конденсовані вуглеводи типу 3,4-бензпирена, які призводять до захворювання на рак.

Розчинність вуглеводнів (бензинів, мінеральних масел) зменшується у послідовності: ароматичні сполуки – нафтени – парафіни та зі збільшенням молекулярної маси. Так розчинність бензолу у воді становить 1 680 мг/л, толуола – 511 мг/л, н-гексану – 138 мг/л, циклогексану – 60 мг/л, бензину – 31–505 мг/л, дизельне пальне – 17 мг/л.

Зважаючи на негативний вплив на водні екосистеми й широку розповсюдженість вуглеводнів, необхідно обмежити утворення та надходження стічних вод у навколишнє середовище шляхом організації замкнутих систем водозабезпечення, припинення скиду стічних вод, змінювати й удосконалювати методи їх знезаражування.

2.3.2 Ціаніди

Ціаніди – сполуки високотоксичні, а тому їх вплив життєдіяльність гідробіонтів і людини має важливе значення. У господарсько-побутових стічних водах вони відсутні, а тому можуть надходити у водойми лише з промисловими стічними водами. Зазвичай вони виявляються у стічних водах гальванічних цехів, аміачній воді коксохімзаводів, електрохімічних виробництвах. Велика кількість синильної кислоти або ціанідів використовується в технології отримання благородних металів із руд, як флотаційні матеріали у цинковому та свинцевому виробництвах, для обробки поверхні сталі, у процесі виробництва синтетичних матеріалів (найлону, органічного скла).

Ціаніди у стічних водах зустрічаються у вигляді таких сполук – вільної синильної кислоти, простих ціанідів (лужні та лужноземельні солі синильної кислоти), ціанідних комплексів, які легко розпадаються, комплексних сполук заліза, кобальту стійких щодо розпаду та проміжної стійкості – комплекси нікелю та міді.

Токсичність води, забрудненої ціанідами, залежить від стану комплексів. Носієм токсичної дії для риб є вільна синильна кислота. Гранична дія комплексних ціанідів (мг/л) становить для риб:

$K_2Cu(CN)_4$ – 1; $K_2Ni(CN)_4$ – 30; $K_2Zn(CN)_4$ – 0,3; $K_2Cd(CN)_4$ – 0,75.

Для людей синильна кислота і вільні CN^- іони дуже токсичні. Ціанідні комплексні сполуки, які не розкладаються під дією кислоти шлунку менш токсичні, а комплекси $[Fe(CN)_6]^{4-}$; $[Fe(CN)_6]^{3-}$ нетоксичні. Летальна доза для людини становить **60** мг.

Токсичність комплексних ціанідних сполук у стічних водах може підсилюватись дією кислот або сонячних променів.

2.3.3 Феноли

Феноли часто зустрічаються у стічних водах нафтохімічних коксових заводів і в процесі сухої перегонки бурого вугілля. Вони широко використовуються як сировина для виробництва полімерних матеріалів, ліків,

барвників, гербіцидів і тому присутні у стічних водах підприємств органічного синтезу.

Феноли природного походження зустрічаються у водоймах унаслідок надходження без очищення фекальних стічних вод і продуктів розпаду целюлози. Вони також утворюються в процесі біохімічного розпаду та трансформації органічних речовин у воді та донних відкладеннях. У незабруднених річних водах концентрація фенолів не перевищує 20 мкг/дм³. При концентрації 0,01–0,1 мг/л феноли виявляють у природних водоймах за запахом. Їхня концентрація підлягає сезонним коливанням. З підвищенням температури в літній період концентрація фенолів у відкритих водоймах зменшується у зв'язку зі збільшенням швидкості розпаду.

Під дією хлору, який використовують для знезараження питної води, феноли перетворюються у хлорфеноли, інтенсивнішим запахом і присмаком. Мінімальна концентрація, яка дає змогу відчутти за запахом наявність у воді хлорфенолів знижується до 1 мкг/л. При концентрації нижче 0,1 мг/л риба гине. Феноли накопичуються у м'ясі риб і роблять її непридатною для їжі. Леткі сполуки фенольного типу (феноли, крезолі, ксилоли) і нелеткі (ді- та триоксисполуки) впливають на смак води.

Феноли проявляють токсичну дію на більшість організмів, зокрема риб і на бактерії. Але стійкі (адаптовані) до фенолів штами бактерій використовують для біохімічного очищення стічних вод.

2.3.4 Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)

СПАР (детергенти) використовуються у промисловості (флотаційне збагачення руд, виробництві деяких хімічних продуктів, захист металевих виробів від корозії) і у побуті для зниження поверхневого натягу води. В сільському господарстві використовують СПАР у складі пестицидів для емульгування нерозчинних у воді, але розчинних в органічних розчинниках рідких і порошкоподібних токсичних речовин. Найважливіше значення у використанні цього класу сполук мають процеси мийки. Синтетичні мийні засоби у своєму складі містять полісульфати натрію, в яких розчинені детергенти і ряд допоміжних інгредієнтів, токсичних для водних організмів: ароматизуючі речовини, відбілюючі реагенти, кальциновану соду, карбоксіметілцелюлозу, силікати натрію та багато інших. За своєю хімічною структурою СПАР можуть бути катіоноактивними, аніоноактивними та неіоногенними. У складі деяких молекул СПАР є біогенні елементи – фосфор, азот, які у природних водах інтенсифікують розвиток фітопланктону. На відміну від мила вони не випадають в осад у жорсткій воді й тому в стічних водах перебувають переважно у колоїдному та розчиненому станах. У природних водах присутність СПАР часто стабілізує суспензії, утворює нерозчинні сполуки із забрудненнями, а тому погіршує якість води (з'являється неприємний запах і присмак води), чинить різноманітні шкідливі дії на живі організми, зменшує здатність водойм до самоочищення.

Багато СПАР утримують у своїх молекулах дуже розгалужені ланцюжки вуглеводнів, а тому стійкі щодо окислювання, накопичуються у річній воді й завдають значний збиток. Детергенти, які біохімічним шляхом окислюються менше ніж на 80 %, називають «біологічно жорсткими» не повинні випускатися промисловістю та використовуватися. СПАР, які легко окислюються біохімічно (біологічно м'які), використовуються у миючих порошках. Біологічно м'які детергенти понижують наявність розчинного у воді кисню, пригнічують розвиток гідробіонтів.

2.3.5 Пестициди

Чисельну групу штучно створених речовин для боротьби зі шкідниками та хворобами рослин становлять ядохімікати – пестициди, які за своєю хімічною природою належать до різних класів органічних сполук. Залежно від цільового призначення пестициди поділяються на групи: інсектициди – для боротьби зі шкідливими комахами; фунгіциди й бактерициди – для боротьби з грибковими та бактеріальними хворобами рослин; гербіциди – проти бур'янів, зооциди – знешкодження гризунів.

Дослідженнями встановлено, що пестициди, знешкоджуючи шкідників урожаю, завдають велику шкоду корисним організмам, підривають здоров'я природним біоценозам, домашнім і диким тваринам. Промислове виробництво пестицидів супроводжується появою великої кількості побічних токсичних речовин, які надходять зі стічними водами у водні об'єкти. У водному середовищі частіше інших забруднень зустрічаються представники інсектицидів, фунгіцидів і гербіцидів.

Найстійкіші щодо біодеградації сполуки, що надходять зі стічними водами до природних водойм – хлорорганічні інсектициди, до яких належить ДДТ (діхлордіфенілтрихлоретан – $C_{14}H_9Cl_5$), його ізомери й гомологи, гексахлорциклогексан (ГХЦГ- $C_6H_6Cl_6$) та його чисельні ізомери, в т.ч. – гептахлор (ГПХ – $C_{10}H_5Cl_7$), алдрин ($C_{12}H_8Cl_6$). Період полурозпаду багатьох хлорорганічних ядохімікатів становить десятки років. У водному середовищі пестициди сорбуються на суспензованих частинках, осідають на дно водного об'єкта та накопичуються у водних організмах – фітопланктоні, рибі. Хлорутримуючі пестициди мало розчинні у воді, але цієї розчинності достатньо, щоб загинула риба у поверхневих водоймах. Розчинність пестицидів зростає у присутності СПАР.

У природній воді зустрічаються поліхлорбіофеноли – похідні від ДДТ, які використовуються у виробництві пластмас, барвників, трансформаторів, конденсаторів. У водойми вони потрапляють унаслідок скиду промислових стічних вод, інфільтрації вод зі звалищ твердих побутових відходів.

Більш розчинні у воді ніж хлорутримуючі пестициди, а тому більш розповсюджені – фосфорорганічні ядохімікати. Окремі із них подані в додатку Е. У цю групу входять сучасні інсектициди, у складі яких знаходиться хлор і фосфор – діхлорофос (ДДВС – $C_4H_7O_4PCl_2$), хлорофос (трихлорофен – $C_4H_9O_4PCl_3$), метафос (метилпаратіон – $C_8H_{10}O_5NPS$), фосфамід (діметоат –

$C_5H_{12}O_3NPS_2$), карбофос (малатіон – $C_{10}H_{19}O_6PS_2$). Вони схильні до біохімічного розпаду в ґрунтах і воді в межах одного місяця та не мають властивості до кумуляції в природних умовах.

Для боротьби з грибковими захворюваннями рослин використовують фунгіциди мінерального походження на основі міді й сірки. Раніше використовувались ртутьутримуючі фунгіциди, але у зв'язку з надвисокою токсичністю їх виробництво не допускається.

У групу гербіцидів входять сполуки, розроблені на основі феноксіоцетової кислоти, яка має сильну фізіологічну дію. Наприклад, для повного винищення деяких видів рослин достатньо внести 0,06 кг піхлорану на 1 га.

Товарні пестицидні препарати випускаються з використанням домішок – синтетичних смол, СПАР, розчинників (циклогексан, циклогексанон, гас, уайт-спиріт, дизельне паливо, ксилол, хлорфенол, хлорбензол, діхлоретан, чотирихлористий вуглець), які самі є токсикантами, а також тальк. крейда, гіпс, каолін, силікагель, глини, зв'язуючі препарати типу желатин.

Широке використання, висока токсичність і стійкість пестицидів сприяє їх надходженню у ґрунтові, колодязні, джерельні, поверхневі води. Деякі пестициди із групи хлорутримуючих вуглеводнів затримуються у ґрунті роками, накопичуються в організмах рослин, тварин, людей. Системне надходження в організм людини кумулюючих пестицидів може призвести до хронічної інтоксикації, виникненню та перебігу різних патологій – дистрофії, порушенню обмінних процесів. Більшість, що випускались раніше пестициди, тепер заборонені для використання. Але вони роками накопичувались на полях, складах, безконтрольно можуть використовуватись і тому до тепер несуть велику загрозу екосистемі.

Пестициди володіють інтенсивним запахом і виявляються при незначних концентраціях. Порогова концентрація для деяких пестицидів істотно відрізняється. Наприклад, для мелатіону вона становить (мкг/л) – 4; гептахлору – 9; піратіону – 30; метоксіхлору – 100; ДДТ – 160. Багато з цих речовин мають високі порогові концентрації за органолептичними показниками при надзвичайно малих значеннях ГДК.

Тому присутність пестицидів навіть у незначній кількості є небезпечною для здоров'я людей, не виявляються у природних водах за органолептичними показниками, і насамперед, у джерельній воді. Пестициди надають воді характерні для них запахи (землі, плісняви, цибулі, гнилої капусти), кольору (білувато-мутного, коричневого), присмаки (гіркувато-в'язучий). Малорозчинні препарати у природних умовах зберігаються 3–4 місяці. Легкорозчинні препарати більш рухомі й за наявності у вододжерелі потрапляють на очисні споруди водопроводу. Детоксикація пестицидів у природних умовах істотно залежить від хімічної природи препаратів. У процесі самоочищення деяких тіофосфатів утворюються більш токсичні сполуки ніж сам препарат. Аналогічно знезараження хлором не може гарантувати безпечність питної води. Кращі результати детоксикації пестицидів

досягаються за допомогою озону з подальшою обробкою води ультрафіолетовим випромінюванням.

2.3.6 Солі важких металів

Важкі метали (ртуть, свинець, нікель, хром, кадмій, цинк, мідь, миш'як та інші) належать до поширених і дуже токсичних забруднень водних об'єктів. Вони використовуються у гальванотехніці, на різних підприємствах металообробки кольорової металургії. Свинець і його сполуки діють на нервову систему та кров людини, призводять до малокрів'я. При надходженні в річки шахтних, рудних і рудозбагачувальних вод та скиді вод підприємств, електрохімічної, хімічної галузей промисловості відбувається забруднення вододжерел солями цинку до 15 мг/л, міді – 100, кадмію – 40, алюмінію – 6, титану – 3, свинцю – 3, заліза до 200, миш'яку до 75.

Присутність у природних водах і питній воді неорганічних речовин також може істотно впливати на якість води, наносити шкоду живим організмам. До них належать солі важких металів, які надходять у водні об'єкти з промисловими стічними водами – свинець, цинк, мідь, миш'як, ціаніди. Природним шляхом також надходять неорганічні домішки, які входять до групи важких металів (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, Zn). З урахуванням малих концентрацій у поверхневих водах, важкі метали відносять здебільшого до групи мікроелементів. Деякі мікроелементи можуть змінювати органолептичні показники якості води (забарвлення, присмак), попадаючи в організм людини через харчовий (трофічний) ланцюг активно впливають на інтенсивність процесів обміну речовин, входять у склад ферментів, гормонів провокують важкі хвороби. Такий негативний вплив важких металів на живі організми спонукав необхідність жорсткого нормування концентрації неорганічних сполук у природній і питній водах на міжнародному та національних рівнях (див. дод. Ц і табл. 2.10).

Порівнюючи ГДК мікроелементів у питній воді різних країн варто зауважити, що їхні нормативні концентрації у переважній більшості співпадають, або дуже близькі між собою та відповідають медичним вимогам щодо запобігання захворювань від споживання води (табл. 2.10). Нормування на міжнародному рівні неорганічних речовин у природних і питних водах, відкриває можливість сталого екологічного розвитку, реконструкції, модернізації водного господарства й облаштування урбанізованих територій.

2.3.7 Біогенні речовини

Біогенні речовини (солі амонію, нітриту, нітрати, фосфати, залізо, кремній, калій та інші), які необхідні для життєдіяльності водних організмів, надходять у підземні й поверхневі води з господарсько-побутовими, промисловими й поверхневими стічними водами.

Зливові (дощові), снігові, поливально-мийні стічні води з міської території та господарсько-побутові близькі за рівнем забрудненості біогенними

елементами. Вміст біогенних елементів у водоймах значно збільшується в період паводків шляхом зливу із сільськогосподарських угідь мінеральних і органічних складових добрив, пестицидів, гумусових речовин. Значний вклад у збільшення біогенних елементів у природних водах вносять промислові стічні води переробної галузі (картопляне-крохмальні, овочево-цукрові, молокозаводи, м'ясокомбінати, з виробництва дріжджів), целюлозно-паперові, деревообробні та багато інших.

Надходження біогенних елементів у великій кількості у водойми стимулює біологічну продуктивність водних організмів, накопичення та розпад рослин, змінює якість води, обумовлює біогенне забруднення й початок процесів евтрофікації.

Найчутливіші до антропогенного впливу води ставків і водосховищ у зв'язку зі зміною водного режиму, зменшенням прозорості та швидкості течії, збільшенням, концентрації органічних і біогенних сполук, появою температурної та газової стратифікації.

Збагачення води біогенними речовинами призводить до її сезонного цвітіння, утворення токсичних речовин, появи сторонніх запахів і неприємного присмаку. У періоди відмирання фітопланктону відбувається ще різкіше погіршення якості води – знижується вміст розчинного у воді кисню, посилюються неприємні запахи, збільшується кольоровість і концентрація токсичних речовин. Відбувається повторне забруднення.

Для життєдіяльності водних організмів найважливіші азотутримуючі сполуки (амонійні солі, нітрити, нітрати), фосфати, залізо, кремній. Азотфіксуючі сполуки утворюються внаслідок розпаду білкових забруднень і за рахунок процесів відновлення азотистих речовин (азот мінерального походження). У санітарному плані така вода неприйнятна для питних потреб, тому в питній воді не допускається присутність органічного й амонійного азоту. Присутність азотутримуючих речовин у воді засвідчує, що забруднення свіже, якщо азот перебуває у вигляді амонійних солей, триваліше – нітритів, тривале – нітратів.

Нітрити є проміжною формою окислення азоту аміаку (амонійних солей) у нітрати в процесі мінералізації органічних забруднень. Вони надзвичайно нестійкі, швидко окислюються до нітратів. У річних водах концентрація азоту амонійних солей перебуває в межах 0–1 мг/л, але частіше не перевищує 0,1 мг/л і залежить від рівня забрудненості стічними водами. Найбільше нітритів спостерігається в зимовий період (перед початком весняної повені), а найнижчі концентрації – улітку у період інтенсивного розвитку фітопланктону, який харчується азот утримуючими сполуками.

Нітрати є кінцевим продуктом процесу мінералізації органічних сполук. Їх концентрація становить у середньому 5 мг/л. Нітрати споживаються фітопланктоном і тому в теплий період року їх у воді досить мало, але в зимній період концентрація зростає у десятки разів.

Фосфор і його сполуки – це найстійкіші із біогенних елементів речовини. Він є важливим елементом живлення бактерій, зустрічається у природних водах у вигляді суспензованих частинок мінерального й органічного походження,

іонів ортофосфорної кислоти, складного органічного комплексу. Кількість фосфатів у природних водах зростає з кожним роком, оскільки фосфор входить у склад поверхнево-активних речовин, що широко використовуються у побуті, промисловості й сільськогосподарському виробництві. Вміст розчиненого мінерального фосфору у водах незначний (до 0,2 мг/л) і досягає максимальних значень взимку.

Залізо майже завжди зустрічається у поверхневих і підземних водах. Концентрація заліза залежить від геологічної будови й гідрологічних умов водного басейна та рівня забруднення стічними водами. Залізо залежно від рН води перебуває у двох або тривалентній формах.

Сполуки заліза в природних водах перебувають у розчинній, колоїдній і нерозчинній формах. В істинно розчинному стані Fe^{3+} може перебувати у надзвичайно невеликих концентраціях при умові низьких значень **pH**. Ця умова для поверхневих вод не характерна, то переважно залізо знаходиться у колоїдній формі або у вигляді тонкої суспензії, зокрема комплексних сполук із органічними речовинами.

Залізо у формі Fe^{2+} у присутності розчиненого у воді кисню переходить у тривалентну форму, утворює малорозчинний гідроксид заліза і випадає в осад:



Підвищена концентрація заліза у поверхневих водах засвідчує, що водний об'єкт забруднений промисловими стічними водами. Для річних вод концентрація заліза в середньому складає 0,1–1,0 мг/л.

Вміст заліза змінюється досягаючи максимальних значень у період повеней, коли інтенсивно розчиняються сполуки заліза, що знаходяться у ґрунті. Найменша концентрація спостерігається у літній межінь, коли відбувається інтенсивний фотосинтез і аерація води. У зимній меженний період споживання рослинами заліза припиняється, утворення окисного заліза із закисного внаслідок аерації відсутнє, тому вміст його у воді значно збільшується.

2.4 Вплив деяких домішок і забруднень на організм людини

Погіршення екологічної ситуації у місцях компактного проживання населення насамперед пов'язано зі скидом у природні водойми неочищених і недостатньо очищених вод від промислової та комунальної сфери. Особливо небезпечні для екологічних систем природних водних об'єктів і людини стічні води підприємств, у складі яких знаходяться солі важких металів, радіоактивні елементи, поліциклічні ароматичні вуглеводні, феноли, нафтопродукти та інші забруднення антропогенного походження. До важких металів належать елементи, щільність яких перевищує 8 000 кг/м³ – свинець, мідь, цинк, нікель, кадмій, кобальт, сурма, вісмут, ртуть, олово, ванадій, хром, залізо, марганець та інші, менш поширені у складі стічних вод.

Залежно від ступеня небезпеки для організму людини важкі метали умовно поділяють на три класи: I (найбільш небезпечні) – миш'як, ртуть, селен, свинець, цинк; II (помірно небезпечні) – кобальт, нікель, мідь, молібден, сурма,

хром; III (найменш небезпечні) – ванадій, вольфрам, марганець, стронцій. Зрозуміло, що чим вище клас небезпеки важких металів, тим нижче його концентрація визиває у людей токсичний, мутагенний або канцерогенний ефект.

Зауважимо, що як надлишок, так і недостача певних природних домішок у воді також негативно впливають на організм людини. Так, надлишок кальцію у питній воді сприяє розвитку серцево-судинної патології та захворюванню шлунково-кишкового тракту, у технічній воді – карбонатним відкладенням на стінках трубопроводів і охолоджувальній апаратурі. У разі споживання води з підвищеною концентрацією нітратів виникає захворювання – метгемоглобонемія, алюмінію – хвороба Альцгеймера, йоду – ендемічний зоб, кальцію – уролітіаз. Присутність у питній воді поліциклічних ароматичних вуглеводнів провокує захворювання людини на рак.

Захворювання людей під впливом забруднень навколишнього середовища має системний характер, що потребує узагальнення результатів досліджень і класифікації захворювань за певними ознаками. Такі хвороби класифікують у такий спосіб:

- внутрішні (хвороби внутрішніх органів);
- інфекційні (виникають дією мікроорганізмів, або їх токсинами);
- паразитарні (виникають дією паразитів із поміж простіших, планктонних і черв'яків);
- поліомелітоподібні (виникають дією вірусів Коксакі, а за клінічною формою схожі з деякими формами поліомеліту).

Склад природних домішок водних об'єктів в умовах інтенсивного розвитку рекреаційного простору істотно змінюється внаслідок дії різноманітних за складом і якістю забруднень антропогенного й техногенного походження. Порушується екологічна рівновага водо джерел, погіршуються органолептичні, фізико-хімічні показники якості води, змінюються її бактеріальний і біологічний склад.

Вплив деяких забруднень на організм людини наведений у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Вплив деяких хімічних забруднень, бактерій, вірусів, паразитів на організм людини при їх потраплянні з питної води

Назва забруднень і домішок води	Органи й системи, на які негативно впливають забруднення та домішки води
1	2
1 Неорганічні сполуки	
Берилій	Шлунково - кишковий тракт, злоякісні утворення
Кадмій, ртуть	Нирки, легені, деформація скелета
Метилртуть	Вроджені вади розвитку, порушення слуху й зору
Мідь	Нирки, печінка (при тривалій дії)
Миш'як	Шкіра, кровоносна система, канцероген
Молібден	Молібденова подагра
Нітрити, нітрати	Для немовлят смертельна небезпека

Продовження таблиці 2.10

Свинець	У дітей сповільнений розвиток, нирки
Селен	Система кровообігу
Талій	Шлунково-кишковий тракт, кров, нирки печінка
Ціанід	Нервова система, щитовидна залоза
Цинк	Нирки
2 Органічні сполуки	
Хлорутримуючі сполуки (вінілхлорид, дихлоретан)	Система кровообігу, нирки, печінка, онкологічні захворювання від канцерогенів
Хлорфеноли	Канцерогени. Нирки, печінка
Толуол	Нервова система, нирки, печінка
3 Мікроби, бактерії, віруси. Паразити	
Мікроби, бактерії, зокрема коліформи	Дизентерія, холера, шлунково-кишковий тракт
Вірус гепатиту	Печінка
Паразити	Паразитарні захворювання (лямбліоз, амебіаз)

В цих умовах, важливий системний моніторинг якості води для порівняння з нормативними показниками з метою запобігання епідемічного захворювання населення та прогнозування можливості розвитку водогосподарського комплексу населених пунктів відповідного регіону і прийняття рішень з питань забезпечення охорони водних ресурсів від техногенного і антропогенного забруднення.

3 ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД

Якість води оцінюють комплексом різноманітних показників, які визначають певні її властивості. Із загальної кількості показників, які характеризують якість води, більшість використовується для оцінки води будь-якого походження та призначення. Залежно від рівня забрудненості й виду водокористування кількість і набір показників, яких достатньо для характеристики її якості, може істотно змінюватися.

Потрібно розглянути насамперед показники, які необхідні для характеристики води природного походження, технічної води, господарсько-питної та стічних вод, що недостатньо детально розкриті у підручниках і необхідні для виконання практичних завдань з курсів екологічного спрямування.

Склад природних і стічних вод оцінюють за результатами фізичних, хімічних, санітарно-біологічних та радіаційних показників.

До фізичних показників належать температура, концентрація завислих речовин, кольоровість (забарвленість), запах, смак і присмак.

Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-17-10) фізичні властивості питної води, що сприймаються органами чуття – запах, смак і присмак, забарвленість, каламутність класифікують як органолептичні показники. Зрівняльні показники якості питної води за нормативами України, Всесвітньої організації здоров'я та європейського співтовариства подані у таблиці додатку Ж.

Хімічний склад води характеризується: іонним складом, активною концентрацією іонів водню (водневий показник) – рН, твердість (загальна, карбонатна, некарбонатна), загальна лужність, сухий залишок, загальний солевміст, розчинений кисень, токсичні речовини, кислотність, лужність, вуглекислоту (загальну, вільну (CO_2), гідрокарбонатну (HCO_3^-), карбонатну (CO_3^{2-}), рівноважну, агресивну), азотні сполуки – азот амонійних солей (NH_4^+), нітрити (NO_2^-), нітрати (NO_3^-), кремнієвий ангідрид (SiO_2), окиснюваність (перманганатну, біхроматну, біохімічну) і багато інших, визначених відповідними нормативами.

Санітарно-бактеріологічна оцінка якості води виконується за двома основними показниками: загальне мікробне число й число бактерій групи *Coli*. Перший показник дає уявлення щодо загального забруднення води аеробними сапрофітами. Між рівнем забруднення води органічними речовинами і мікробним числом існує пряма залежність. Крім цього вважають, що чим більше мікробне число, тим більша ймовірність присутності у воді патогенних мікроорганізмів. У природних водах цей показник змінюється в дуже широких межах для різних водойм і по сезонам року для одного й того самого водного об'єкта. У чистих водоймах число аеробних сапрофітів може становити десятки або сотні, для забруднених десятки тисяч і мільйони, а для стічних вод цей показник досягає сотень тисяч і мільйони.

За другим показником – оцінюють присутність у воді патогенних мікроорганізмів. Ці бактерії завжди присутні в кишечниках людей і тварин, постійно та в великій кількості надходять у систему водовідведення та навколишнє середовище. Бактерії групи *Coli* зберігають життєдіяльність у зовнішньому середовищі більш тривалий час, ніж патогенні мікроорганізми, стійкіші щодо дії хлору, ніж більшість збудників інфекцій. Тому ці бактерії є індикаторами забрудненості водних об'єктів виділеннями людей і тварин. Результати бактеріологічного аналізу виражають у вигляді колі-індекса – числа бактерій в 1 л води. Інколи роблять перерахунок для визначення колі-титру – найменший об'єм води (мл), який містить одну кишкову паличку (колі-титр = $1\ 000/\text{колі-індекс}$).

Поверхневі вододжерела, крім санітарно-бактеріологічних тестів, характеризуються гідробіологічним показником – концентрацією зоо- та фітопланктону (кількість клітин) в одиниці об'єму води. Кількість організмів зоопланктону визначають кількістю екземплярів в 1 мл води в період інтенсивного розвитку водоростей (цвітіння водойм) концентрація фітопланктону може досягати 50 тисяч клітин в 1 мл води.

Для повної санітарно-епідеміологічної оцінки стічних вод, крім мікробного числа і колі-тесту, визначають наявність яєць гельмінтів. Цей показник дає змогу визначати рівень санітарного стану населених пунктів.

3.1 Фізичні показники якості води

3.1.1 Температура

Температура води поверхневих водойм залежить від пори року, температури ґрунтів, скиду стічних вод і перебуває в межах від 1 до 30 °С. Температура води істотно впливає на розчинність газів. Оптимальна температура питної води – 8–11 °С. При такій температурі вона краще вгамовує спрагу, приємна на смак, у своєму складі зберігає достатньо розчинених атмосферних газів.

3.1.2 Завислі речовини

Завислі речовини становлять собою частки мінерального (пісок, глина, гідроксиди заліза) і органічного походження (мул, мікроорганізми, планктон, нафтопродукти), або їх суміші та містяться у воді в грубо дисперсному й суспензійному стані. Вони надходять у поверхневі водойми зі стічними водами. У складі мінеральних частинок містяться оксиди: CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , Si_2O_3 . Органічні частинки завислих речовин у своєму складі містять білки, жири, вуглеводи, тому загнивають за відсутності доступу кисню. Завислі частинки господарсько-побутових стічних вод становлять суміш мінеральних і органічних речовин, на яких адсорбуються збудники захворювань – яйця гельмінтів та інших мікроорганізмів епідеміологічної дії.

Завислі домішки за крупністю частинок класифікують на грубо дисперсні, якщо приведений діаметр більше 5 мкм і тонко дисперсні з меншою крупністю. Стійкість грубодисперсних частинок обумовлена дією гідродинамічних сил потоку. У стоячій воді вони випадають в осад, якщо їхня щільність $\rho > 1 \text{ г/см}^3$, або накопичуються у поверхневому шарі води при щільності $\rho < 1 \text{ г/см}^3$.

Стійкість тонко дисперсних завислих речовин забезпечується дією фізико-хімічних факторів. Сили теплового (броунівського) руху протидіють злипанню частинок, а міжмолекулярні дії забезпечують їх укрупнення. Для гідрофобних забруднень міжмолекулярні сили переважають, що забезпечує агрегацію домішок і перехід із колоїдного стану в нерозчинний.

Характеристика відповідно до фазово-дисперсного стану завислих речовин подана у другому розділі (табл. 2.2).

Концентрація завислих речовин визначається за трьома показниками: ваговим (метод прямого визначення), каламутністю, прозорістю (непрямі методи). Каламутність – показник, що характеризує природну властивість води, зумовлену наявністю у ній завислих речовин органічного й неорганічного походження (глини, мулу, органічних колоїдів, планктону). Відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 показник каламутність вимірюється нефелометричною одиницею каламутності (далі – НОК), яка дорівнює $0,58 \text{ мг/дм}^3$. За спеціальними таблицями або кривими залежності прозорості від концентрації завислих речовин, прозорість переводять у каламутність.

Необхідно розуміти, що між кількістю завислих речовин і прозорістю однозначний зв'язок відсутній. За показником «прозорість» визначаються не тільки завислі речовини, але й колоїдні частки, які не затримуються паперовими фільтрами й не включаються в склад показника «завислі речовини». Крім цього прозорість залежить від форми та розміру частинок, що для показника завислих речовин не має значення. Але не дивлячись на ці відмінності, з метою оперативності визначення концентрації завислих речовин у воді, використовують показник «прозорість» із достатнім рівнем точності. У період сезонних змін колір поверхневих вод, особливо в заболочених місцевостях, може значно відрізнятись від нормативів. Для оцінки рівня змін використовується показник «кольоровість».

3.1.3 Кольоровість

Кольоровість і колір поверхневих вод обумовлені присутністю гумінових і фульвокислот, завислих речовин, колоїдних сполук заліза, кольорових речовин відходів виробництва, масового розвитку водоростей.

У період цвітіння водойм, залежно від видів мікроорганізмів, вода змінює колір від світло-зеленого до смарагдово-зеленого.

Колір природних вод відкритих водойм, який обумовлений переважно наявністю гумінових і фульвокислот, має відтінки від жовтого до бурого. Прямого співвідношення між кольоровістю та кількістю органічних речовин, які можуть передавати воді колір, немає. Тому ступінь кольоровості

визначають не в мг/л відповідної речовини, а в градусах платиново-кобальтової шкали (далі – ПКШ).

Для характеристики стічних вод поняття «кольоровість» не використовують у зв'язку з великою різноманітністю відтінків кольорових забруднень та їхнім технологічним походженням.

Комунально-побутові стічні води мають інтенсивний колір переважно внаслідок надходження в систему водовідведення великої кількості виробничих стічних вод, що містять барвники, або оксиди заліза.

3.1.4 Запах

Запах – органолептичний показник якості. Запах природних вод зумовлений леткими пахучими речовинами (амінокислотами, протеїнами, альдегідами, спиртами, кетонами, ефірами), які утворюються внаслідок мікробіологічної та фізико-хімічної мінералізації органічних забруднень природного й антропогенного походження. У процесі відмирання та мікробіологічного розпаду водоростей в анаеробних умовах утворюються неприємно пахучі речовини, зокрема сірководень із надзвичайно різким неприємним запахом тухлих яєць і з токсичними властивостями стосовно риб та інших водних організмів. Інтенсивність запаху зростає з підвищенням температури води.

Запах виробничих стічних вод різноманітний, залежить від виду підприємства, запаху сировини, напівфабрикатів, відходів виробництва. Різка збільшення інтенсивності запаху свідчить про залповий скид стічних вод із високим вмістом пахучих речовин.

Запах господарсько-побутових стічних вод характерний і становить собою суміш запахів фізіологічних виділень людей і органічних речовин, які в процесі транспортування каналізаційними трубами змінюють свій склад і характеристику за рахунок мікробіологічного розпаду. Характер запаху класифікують за походженням на природний і штучний. Запах природного походження надають воді гідробіонти, донні відкладення, ґрунти берегів. Якісні і кількісні характеристики запахів природного походження, які використовуються для визначення характеру та інтенсивності запахів, наведені в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Визначення характеру запаху

Характер запаху	Символ	Приблизний рід запаху
1	2	3
Ароматичний	А	Огірковий, квітковий
Болотний	Б	Муловий, багновинний
Гнилий	Г	Фекальний, стічних вод
Деревини	Д	Запах мокрих трісок, деревини
Землистий	З	Прілий, свіжозораної землі
Рибний	Р	Риби, рибного жиру

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Сірководневий	С	Тухлих яєць
Трави	Т	Сіна
Невизначений	Н	Запах природного походження, який не ідентифікується за попередніми визначеннями

Таблиця 3.2 – Оцінка інтенсивності запаху в балах

Бали	Інтенсивність запаху	Опис визначення
0	Ніякого	Відсутність помітного запаху
1	Дуже слабкий	Запах, який виявляється досвідченим дослідником
2	Слабкий	Запах, який не привертає споживачів, але помітний, якщо вказати на нього
3	Помітний	Запах, який легко виявляється й може надати привід ставитись до води несхвально
4	Виразний	Запах, який звертає увагу споживача й робить воду непридатну для пиття
5	Дуже сильний	Запах, який робить воду непридатну для пиття

Важливою характеристикою води за запахом є визначення порогової концентрації речовин, які мають специфічний запах (табл. 3.3) і подаються нами за даними ASTM (American Standards for Testing and Materials).

Визначення порогової концентрації запаху відбувається шляхом розбавлення води, яка досліджується, водою без запаху, доки запах аналізованої води не перестане бути відчутним.

Ця методика належить до стандартних методів визначення якості води в багатьох країнах (Стандарт американської організації охорони здоров'я – АРНА).

Таблиця 3.3 – Значення порогової концентрації запаху ($C_{\text{пор.}}$) деяких органічних хімічних речовин у водних розчинах, мг/дм³

№ з/п	Назва речовини	$C_{\text{пор}}$	№ з/п	Назва речовини	$C_{\text{пор}}$
1	2	3	4	5	6
1	Акрилонітрil	18,6	17	2-меркаптоетанол	0,64
2	Алілхлорид	14 700	18	Метиламін	3,33
3	н-амілацетат	0,08	19	Метилвінілпіридин	0,04
4	Анілін	70,1	20	Метилетилпіридин	0,05
5	Ацетон	40,9	21	В-нафтол	1,29
6	Ацетофенон	0,17	22	Октиловий спирт	0,13
7	Бензол	31,3	23	Піридин	0,82
8	н-бутанол	2,5	24	Стирол	0,73
9	н-бутілмеркаптан	0,006	25	Тіофенол	13,5

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
10	Диметиламін	23,2	26	Триметиламін	1,7
11	Дихлорізопропиловий ефір	0,32	27	Оцтова кислота	24,3
12	2,4-дихлорфенол	0,21	28	Фенол	5,9
13	м-крезол	0,68	29	Формальдегід	49,9
14	о-крезол	0,65	30	Хінолін	0,71
15	Ксилол	2,21	31	п-хлорфенол	1,24
16	Мезітілен	0,027	32	Етилакрилат	0,006 7

Значення порогової концентрації необхідно порівнювати з показниками ГДК для оцінки токсичності дії та порівняння чутливості організму за органолептичними показниками й фактичною загрозою дії хімічної речовини на здоров'я людини. Наприклад, ГДК для водойм централізованого господарсько-питного водокористування (СанПіН-4630-88) становить для алілхлориду – 0,3, фенолу – 0,001, формальдегіду – 0,05, аніліну – 0,1 мг/дм³.

Значення показника порогової концентрації (табл. 3.3) перевищує значення ГДК алілхлориду у 49 000 раз, фенолу – 5 900, формальдегіду – 998, аніліну – 701.

Це перевищення означає, що недопустимо використовувати воду для господарсько-питних потреб, орієнтуючись лише на органолептичні показники й не знати ГДК, оскільки концентрація цієї речовини може бути летальною для людини, але не відчутною за запахом.

3.1.5 Смак і присмак

Смак і присмак – органолептичні показники якості води, які визначаються за якісними ознаками (хлорний, рибний, металевий, в'язучий тощо). Розрізняють чотири основних смаки води: солоний, гіркий, солодкий, кислий. Відтінки інших смакових відчуттів називають присмаком.

Визначення смакової якості води можливе лише за умови, що в ній відсутні збудники захворювань і токсичні речовини за результатами попереднього хімічного й бактеріологічного аналізу. На смак можуть бути виявлені феноли, хлорфеноли, мінеральні масла, деякі мінеральні солі, які надають воді певні смакові відчуття. Присутність певних мінеральних солей, навіть у незначних кількостях, надають воді характерний смак (табл. 3.4).

У природних водах міститься суміш мінеральних солей, концентрація яких, змінює смакові якості та унеможлиблює визначення їх за показниками смак і присмак, а тому потребує інших показників якості.

Таблиця 3.4 – Зрівняльні показники граничних концентрацій солей, які викликають смакові відчуття

Сіль	Концентрація, яка спонукає сприйняття смаку, мг/дм ³		Якісна характеристика смакових відчуттів
	Ледве відчутним	Огидним	
<i>NaCl</i>	150	500	Солоний
<i>MgCl₂</i>	100	400	Гіркий
<i>MgSO₄</i>	200	500	Гіркий
<i>KCl</i>	350	700	Гіркий
<i>CaSO₄</i>	70	150	В'язучий
<i>FeSO₄</i>	1.5	5.0	Присмак заліза
<i>FeCl₂</i>	0.3	0.5	Болотний
<i>MnCl₂</i>	2.0	4.0	Болотний

3.2 Хімічні показники якості природних і стічних вод

3.2.1 Солевміст

Солевміст (мінералізація) характеризує якісний склад розчинених мінеральних солей і кількісно оцінюється за показником «сухий залишок» (мг/дм³). За ступенем мінералізації води класифікують на такі: ультрапрісні – до 100 мг/дм³, прісні – 100–1 000, слабо солоні – 1 000–3 000, солоні – 3 000–10 000, ультраросоли – більше 300 000. За О. О. Альокіним природні води за ступенем мінералізації класифікуються по-іншому – прісні – до 1 г/дм³, солонуваті – 1–3, слабо солоні – 3–10, солоні – 10–50 г/дм³.

Залежно від загальної мінералізації існують інші класифікації. Наприклад, мінералізація в г/дм³ включно: прісні до 1, слабо мінералізовані 1–2, мало мінералізовані – 2–5, середньо мінералізовані – 5–10, високо мінералізовані – 10–15.

Класифікація природних вод за ступенем солоності, запропонована А. М. Овчинніковим має свої переваги й подається в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Класифікація вод за солоністю

Тип солоності	Клас солоності	Мінералізація, г/дм ³	Хімічний тип
1	2	3	4
Прісні	Ультрапрісні	< 0,2	Найчастіше гідрокарбонатні
	Прісні	0,2–0,5	
	Відносно підвищеної мінералізації	0,5–1,0	Гідрокарбонатно-сульфатні
Солонуваті	Солонуваті	1–3	Сульфатно-хлоридні

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
Солоні	Солоні	3–10	Переважно хлоридні
	Підвищеної солоності	10–35	
Розсоли	Перехідні до розсолів	35–50	Хлоридні
	Розсоли	50–400	

Для господарсько-побутових потреб використовуються природні води прісного типу та за дозволом відповідних органів – солонуваті.

Перевірку правильності визначення сольового складу води виконують за рівністю суми головних катіонів і домінуючих аніонів, визначених у мг/дм³ і перерахованих у мг-екв/дм³ за рівнянням:

$$\frac{Na^{+}}{23} + \frac{K^{+}}{39,1} + \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} = \frac{Cl^{-}}{35,5} + \frac{HCO_3^{-}}{61,03} + \frac{SiO_2^{2-}}{38,03} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03}$$

Розбіжність лівої та правої частин рівняння не повинна перевищувати 5 %.

Доцільно також звернути увагу на характеристику якості мінеральних підземних вод, які використовуються для питних і лікувальних потреб. Фахівці різного напрямку широко використовують формулу сольового складу, яку запропонували в 1928 р. М. Г. Курлов із Е. Е. Карстенсом У загальному вигляді вона становить своєрідний псевдодріб:

$$SGM \frac{A_{\max} A_{\text{mid}} A_{\min}}{C_{\max} C_{\text{mid}} C_{\text{MIN}}} pHTD, \quad (3.1)$$

де S – нерозчинні домішки;

G – гази;

M – мінералізація, г/дм³;

A – аніони, які розташовані в спадному порядку за значенням процент-еквівалента ¹ (%-екв.). У загальній сумі повинно бути 100 %-екв. аніонів;

C – вміст у воді катіонів, які розташовані в спадному порядку по значенню процент-еквівалента (%-екв.) У загальній сумі повинно бути 100 % екв. катіонів;

pH – водневий показник води;

T – температура води в градусах за Цельсієм, °C;

D – добовий дебіт води, м³.

Для прикладу наведемо формули Курлова, які характеризують реально існуючі природні води:

¹ Відсоток – еквівалент вираховують шляхом ділення грам-еквівалента речовини на суму грам-еквівалентів речовин суміші (аніонів і катіонів) і множенням на 100 %.

$$M5,3 \frac{HCO_3 50 Cl 30 SO_4 20}{Na 50 Mg 25 Ca 25} pH 7 T 46,6 D 270 \quad (3.2)$$

$$Fe 32 CO_2 4,8 M 1,06 \frac{Cl 38 SO_4 36 HCO_3 26}{Mg 60 (Na + K) 27 Ca 13} pH 6,9 T 10 D 3 \quad (3.3)$$

$$O_2 15 M 0,5 / 16,61 \frac{HCO_3 65 Cl 25 SO_4 8}{Ca 43 Mg 30 Na 26 K 2} pH 7,2; Eh + 180; O_{min} 2 T 10 \quad (3.4)$$

Формула (3.4) детальніше, ніж попередні, відображає хімічний склад води, визначає її тип і споживчі властивості. Мінералізація (М) подається у вигляді дробі – у чисельнику у масовій (г/л), у знаменнику – мг-еквівалентній формах. Також додатково указані значення Eh та окисненості – O_{min} . Інші позначення відповідають формулі 3.1.

3.2.2 Твердість

Загальна твердість (T_3) – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній розчинених солей кальцію та магнію (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів). Цей показник визначається для природних, питних і технічних вод, і не використовується для характеристики стічних вод.

У природних умовах ці елементи потрапляють у воду внаслідок дії вуглекислого газу на карбонатні мінерали й біохімічних процесів, які відбуваються у ґрунті.

Загальна твердість визначається за рівнянням: $T_3 = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16}$.

Для характеристики питної та технічної води важливо знати карбонатну й не карбонатну твердість.

Кількість Ca і Mg еквівалентна кількості гідрокарбонатів (HCO_3^-) називається карбонатною твердістю. Якщо кількість гідрокарбонатів у воді перевищує вміст Ca і Mg ($[HCO_3^-] > [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$), то карбонатна твердість еквівалентна сумарному вмісту Ca і Mg. У разі коли $[HCO_3^-] / 61,02 > [Ca^{2+}] / 20,04 + [Mg^{2+}] / 12,16$ твердість карбонатна (T_K) дорівнює твердості загальній (T_3) ($T_K = T_3 = [Ca^{2+}] / 20,04 + [Mg^{2+}] / 12,16$).

Якщо вміст іонів кальцію та магнію вище, ніж кількість гідрокарбонатів, то карбонатна твердість дорівнює концентрації $[HCO_3^-]$. Тобто, коли $[HCO_3^-] / 61,02 < [Ca^{2+}] / 20,04 + [Mg^{2+}] / 12,16$, то $T_K = [HCO_3^-] / 61,02$. Різниця між загальною та карбонатною твердістю називається не карбонатною твердістю ($T_{нк} = T_3 - T_K$). Отже, це вміст Ca і Mg еквівалентний концентрації всіх інших аніонів, зокрема й не компенсованих гідрокарбонатів.

Для характеристики природних вод за твердістю частіше використовують класифікацію, наведену у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Ступінь твердості природних вод

Характеристика води	Твердість загальна, мг-екв/дм ³
М'яка	<4
Середньої твердості	4–8
Тверда	8–12
Дуже тверда	>12

Твердість річних вод невисока (1–6 мг-екв/дм³), якщо природні води контактують із гіпсовими та вапняними породами, то такі води відрізняються підвищеною твердістю. Підземні води мають більш високу твердість, ніж поверхневі. Загальна твердість питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 не повинна перевищувати 7 ммоль/дм³, а для води із колодязів і каптажних джерел – 10 ммоль/дм³.

Для технічної води в окремих випадках твердість води не допустима, або допустима лише м'яка вода. Особливо високі вимоги щодо концентрації солей висуваються у виробництві целюлози, штучних волокон, пива, дріжджів, теплоенергетиці та інших технологіях.

3.2.3 Окиснюваність

Окиснюваність. Окиснюваністю називають загальний вміст у воді відновлюючих органічних і неорганічних речовин, які реагують з окиснювачами. Це надзвичайно важливий показник для оцінки якості природних і стічних вод. Тому звернемо більше уваги на особливостях розуміння результатів досліджень

Розрізняють хімічну (далі – ХСК) і біохімічну окиснюваність (далі – БСК). Хімічну окиснюваність визначають за допомогою перманганату калію (KMnO₄), біхромату калію (K₂Cr₂O₇) або йодату калію (KJO₂). Окиснюваність перманганатна використовується для характеристики природних вод у зв'язку з простотою та оперативністю отримання результату. Перманганат калію – слабкий окиснювач, що дозволяє оцінити кількісно присутність у воді лише легко окиснюваних речовин. Перманганатна окиснюваність – кількість кисню, що потрібна для окиснення перманганатом калію легко окиснюваних органічних і неорганічних речовин (солей двовалентного заліза, сірководню, амонійних солей, нітритів, сульфідів, деяких гумінових речовин) і не може характеризувати повну окиснюваність всіх органічних речовин. Результати аналізу якості природних вод за показниками «окиснюваність» перманганатним і біхроматним методами подані в таблиці 3.6.

Порівнюючи результати досліджень, наведених у таблиці 3.6, відмічаємо, що перевищення показників перманганатної окиснюваності за даними біхроматного методу становить у середньому три рази й засвідчує присутність у воді великої кількості важко окиснюваних домішок і забруднень які можуть накопичуватись у природних водоймах.

Таблиця 3.6 – Окисненість перманганатна (ПО) і біхроматна (БО) природних вод

№ з/п	Характеристика води	ПО	БО
1	Найбільш (гранично) чисті	<2	<7
2	Чиста	До 4	До 12
3	Задовільної чистоти	До 10	До 30
4	Помірно забруднена	До 15	До 40
5	Брудна	>25	>80

Присутність у воді органічних речовин (барвників, СПАР, пестицидів, вуглеводнів і багатьох інших), які окислюються лише сильними окиснювачами – біхроматом або йодатом калію, характеризується показником хімічного споживання кисню (далі – ХСК). При визначенні ХСК не враховується кисень, який витрачається на окислення аміаку, оскільки утворення нітритів і нітратів не входить у величину ХСК.

Величину ХСК використовують для характеристики виробничих стічних вод у яких знаходяться переважна більшість важко окиснюваних речовин. Значення ХСК завжди перевищує показник БСК_п, оскільки не всі речовини мінералізуються мікроорганізмами, а деякі окислюються лише частково. Крім цього існує розбіжність для деяких речовин теоретичного (розрахункового) ХСК і експериментального знайденого за результатами біхроматного або йодного методів.

Наприклад, теоретичне ХСК толуола складає по реакції:

$$C_6H_5CH_3 + 9O_2 = 7CO_2 + 4H_2O \quad ХСК_{\text{тол}} = \frac{9 \cdot 32}{12 \cdot 7 + 1 \cdot 8} = 3,14.$$

Експериментальне ХСК толуолу становить 1,86 мгО₂/мг. Розбіжність пояснюється тим, що в умовах виконання лабораторного аналізу ХСК за діючою методикою, бензольне кільце не руйнується повністю.

Зважаючи на важливість показника ХСК для оцінки якості води, його величина регламентована нормативно-правовою системою та контролюється санітарно-екологічними службами країни. На водних об'єктах у пунктів господарсько-питного водопостачання показник ХСК не повинен перевищувати 15 мгО/л, а в зонах рекреації до 30 мгО/л.

У деяких випадках для орієнтовної оперативної оцінки використовують на практиці для порівняння якості води різних водойм іншу класифікацію ступеня забрудненості водних об'єктів, ніж наведену в таблиці 3.6. За цією класифікацією прийняті жорсткіші вимоги щодо присутності у воді домішок (речовин) які визначаються показником ХСК (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Значення величин ХСК води водойм з різним ступенем забрудненості

№ з/п	Ступінь забрудненості (класи водойм)	ХСК, мгО/л
1	Дуже чисті	1
2	Чисті	2
3	Помірно забруднені	3
4	Забруднені	4
5	Брудні	5–15
6	Дуже брудні	>15

За аналогією до показника ХСК, для характеристики кількості органічних речовин за кількістю кисню, що витрачається на їх мінералізацію, використовують також показник «біохімічне споживання кисню» (далі – БСК). Він базується на спроможності бактерій окислювати органічні речовини.

Назви ХСК і БСК точно відбивають суть визначення окиснюваність, оскільки для всіх її видів оцінюють кількість кисню, яка потрібна для окиснення органічних і мінеральних домішок води, тобто для переводу вуглецю в CO_2 , водню в H_2O , азоту в NH_3 , сірки в SO_2 , фосфориду – P_2O_5 , FeO в Fe_2O_3 тощо. Якщо для проби води зробити визначення органічних речовин за показниками ХСК і перманганатною окиснюваністю, то різниця між показниками окиснюваності покаже вміст у воді стійких органічних речовин. Якщо визначити різницю між показниками ХСК і БСК, то можемо встановити кількість речовин, які стійкі щодо мікробіологічної мінералізації.

Окиснюваність перманганатна артезіанських вод не перевищує 2 мг/л, джерельних і ґрунтових у межах 5–8, річних – 1–160, чисті поверхневі води 8–12 мг/л, слабо забруднені – 20–35, сильно забруднені – 100–150 і більше, болотних до 400 мг/л.

Різне підвищення окиснюваності води засвідчує, що вододжерело забруднено залповим скидом недостатньо очищених, або без очищення побутових стічних вод. Потребує негайної ліквідації причин забрудненості й забезпечення нормативних гігієнічних характеристик води.

Повністю окислюються біхроматом калію органічні речовини природного походження кислоти, альдегіди, спирти. Промислові стічні води у своєму складі містять речовини антропогенного походження (які також окислюються біхроматом калію практично повністю (95–98 %), але існує значна кількість сполук, які не окислюються повністю. До таких сполук належать піридин, азотутримуючі, гетероциклічні, (пірол, піролідін, нікотинова кислота), малорозчинні у воді вуглеводні – бензол і його гомологи, парафін, нафталін і багато інших.

ХСК стічних вод промислових підприємств перебуває у надзвичайно широких межах і може становити від десятків до десятків тисяч мг/л. Для наочності й підтвердження зазначеного, наведемо результати аналізу якості виробничих стічних вод деяких підприємств у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Порівняльна характеристика показників окисненості для деяких категорій виробничих і господарсько-побутових стічних вод

№ з/п	Категорії стічних вод	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	БСК ₂₀ , мгО ₂ /дм ³	БСК _{повн.} , мгО ₂ /дм ³	ХСК, мгО/дм ³
1	Господарсько-побутові	200	–	280	–
2	Нафтопереробних заводів	–	–	20–1 100	50–2 200
3	Виробництва пластмас	–	–	до 4 000	150– 90 000
4	Целюлозно-паперових заводів	13–1 400	–	–	80–7 400
5	Гідролізних заводів	600–4 500	800–6 000	–	–
6	М'ясопереробних	–	–	750–2 000	–
7	Молочних	–	–	1 000– 2 400	1 200– 3 000
8	Тваринницьких комплексів	50–1 000	–	100–1 600	150–2 000
9	Птахофабрик	100–1 300	–	200–2 600	450–5 000

Господарсько-побутові стічні води у своєму складі утримують органічні забруднення, які добре мінералізуються мікроорганізмами. Для кількісної характеристики органічних забруднень, які окислюються біохімічними методами, використовується показник БСК.

Як свідчить практика, майже повне споживання кисню (99 %) відбувається в межах 15–30 діб. Такий тривалий період визначення рівня забрудненості органічними речовинами стічних вод неприйнятний для технологічного контролю. Тому використовують результат окиснення у п'яти добовій пробі (БСК₅). Величина БСК вказується з індексом унизу, який означає тривалість інкубації проби води. Через 20 діб у середньому мінералізується 99 % органічних забруднень, а 100 % окислюється приблизно через 100 днів. Тому, приймають за повне біохімічне споживання кисню (БСК_{пов.}) концентрацію кисню, яка витрачається на біохімічне окиснення органічних речовин протягом 20 діб (БСК₂₀).

Варто мати на увазі, що БСК деяких поверхневих вод у природному стані може перевищувати нормативні показники у зв'язку з високою концентрацією гумінових речовин, а не зі скидом стічних вод. У літній період, коли інтенсивно розвиваються та відмирають водорості, БСК річкової води може значно перевищувати нормативні показники, що також не пов'язано зі скидом стічних вод.

У цих випадках потрібно відповідально визначати причину погіршення якості води та враховувати при розрахунках допустимої концентрації органічних забруднень, які визначаються за показником БСК, у стічних водах, що скидаються у водний об'єкт.

3.3 Екологічна оцінка якості поверхневих вод

Водні ресурси України є частиною гідросфери планети, компонентом навколишнього середовища, визначальним фактором існування біосфери. Найбільші річки України мають статус міждержавних водних об'єктів, що вимагає координації дій з питань забезпечення раціонального комплексного використання та охорони водних ресурсів на національному й міждержавному рівнях. З метою гармонізації українського природоохоронного законодавства із природоохоронним законодавством Європейського Союзу, з міжнародними та європейськими стандартами стосовно водної політики і поліпшення якості поверхневих вод групою фахівців України в 1999 р. розроблена «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», яка набрала чинності з 1 січня 1999 р.

Застосування цієї методики поширюється на всі поверхневі води суші та естуарії України.

Характеристика якості поверхневих вод дається на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод та естуаріїв України. Класифікація вимагає широкий набір гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних та інших показників, котрі відображають особливості абіотичної та біотичної складових водних систем.

Система екологічної класифікації якості поверхневих вод включає три групи спеціалізованих класифікацій:

а) група класифікацій за критеріями сольового складу (мінералізації), іонного складу, забруднення прісних гіпо-, олігогалинних, та солонуватих β-мезогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу, блок 1.

Класифікація за трофо – сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями, блок 2;

б) група класифікацій за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії, та за рівнем токсичності (поверхневих вод, суші та естуаріїв за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії, (табл. 3.9) гіпо-, олігогалинних і солонуватих β-мезогалинних вод за рівнем токсичності, поверхневих вод критеріями специфічних показників радіаційної дії), блок 3.

Таблиця 3.9 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Концентрація речовин, мкг/дм ³							
Ртуть	<0,02	0,02–0,05	0,06–0,20	0,21–0,50	0,51–1,0	1,01–2,50	>2,50

Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8
Кадмій	<0,1	0,1	0,2	0,3–0,5	0,6–1,5	1,6–5,0	>5,0
Мідь	<1	1	2	3–10	11–25	26–50	>50
Цинк	<10	10–15	16–20	21–50	51–100	101–200	>200
Свинець	<2	2–5	6–10	11–20	21–50	51–100	>100
Хром (загальн.)	<2	2–3	4–5	6–10	11–25	26–50	>50
Нікель	<1	1–5	6–10	11–20	21–50	51–100	>100
Миш'як	<1	1–3	4–5	6–15	16–25	26–35	>35
Залізо (загальне)	<50	50–70	76–100	101–500	501–1 000	1 001–2 500	>2 500
Марганець	<10	10–25	26–50	51–100	101–500	501–1 250	>1 250
Флориди	<100	100–125	126–150	151–200	201–500	501–1 000	>1 000
Ціаніди	0	1–5	6–10	10–25	26–50	51–100	>100
Нафтопродукти	<10	10–25	26–50	51–100	101–200	201–300	>300
Феноли (легкі)	0	<1	1	2	3–5	6–20	>20
СПАР	0	<10	10–20	21–50	51–100	101–250	>250

Конкретні гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні та специфічні кількісні показники є елементарними ознаками якості вод.

Комплексні кількісні ознаки, що побудовані на інтегруванні елементарних ознак якості вод, є узагальнювальними ознаками якості вод. На основі елементарних і узагальнювальних ознак визначаються класи, категорії та індекси якості вод, зони сапробності, ступені трофності.

Визначені за цими ознаками класи та категорії якості вод відображають природний стан, а також ступінь антропогенного забруднення поверхневих вод.

Назви, дані класам і категоріям якості вод за їхнім природним станом та іншими ознаками подані в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією

Клас якості вод	I	II	III	IV	V	VI	VII
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні
Трофність (переважний тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні
	Оліготрофні, оліго-мезотрофні	Мезотрофні	Мезоевтрофні	Евтрофні	Евполітрофні	Політрофні	Гіпертрофні
Сапробність	Олігосапробні		β - мезосапробні		α -мезосапробні		Полісапробні
	β -олігосапробні	α -олігосапробні	β' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	α' -мезосапробні	α'' -мезосапробні	Полісапробні

Екологічна оцінка якості поверхневих вод повинна обов'язково вимагати всі три блоки показників – сольового складу (а), еколого-санітарних показників (б), показників вмісту та біологічної дії специфічних речовин (в). трактуються за аналогією до попередніх блоків.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод використовується для картографування, виконується організаціями й установами, які мають відповідний дозвіл Кабінету Міністрів.

Зі свого боку, комплексна екологічна оцінка за фізико-хімічними й біохімічними показниками якості природних дає змогу об'єктивно визначити причини зниження здатності водойм до природного самоочищення.

4 САМООЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД – ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

З розвитком і розширенням антропогенної дії на урбанізованих територіях зменшується кількість ландшафтів які формуються виключно під дією природних факторів з порушенням рівноваги в екосистемі. Розвиток промисловості й сільського господарства мають панівний вплив на зміну рівноваги природних екосистем. Найвиразніше зміни відчутні на водних об'єктах, де забруднення досягає незворотності, і як наслідок, відсутність умов для саморегуляції якості води.

Рівень забрудненості водного об'єкта називається сапробністю. Вона характеризує особливості водного об'єкта за концентрацією мінеральних і органічних речовин, стадією їх мінералізації, умовою розвитку та складом мікроорганізмів. Розрізняють три основні зони сапробності:

- полісапробну;
- мезосапробну;
- олігосапробну.

Полісапробна – найбільш забруднена зона де переважають кишкові палички та анаеробні гнильні бактерії які обумовлюють процеси гниття та бродіння.

Мезосапробна – помірно забруднена зона яка характеризується мінералізацією органічних домішок з перевагою окиснюваних процесів з яскраво вираженою нітрифікацією.

Олігосапробна – зона чистої води в якій майже відсутні органічні речовини. Переважають у цій зоні сірко- й залізобактерії.

Отже, кількісна та якісна присутність певного виду мікроорганізмів у різних зонах сапробності характеризує активність процесу самоочищення водного об'єкта.

Самоочищення вод – поліпшення якості вод унаслідок трансформації забруднювальних речовин у процесі нормального функціонування водних екосистем. Самоочищення відбувається внаслідок спільної дії гідродинамічних, фізико-хімічних, гідрохімічних, гідробіологічних процесу які приводять до відновлення фонового стану водного джерела.

Хімічні реакції гідролізу, нейтралізації, окислювання відбуваються у водоймах за рахунок природного й антропогенного впливу. Лужні сполуки природної води – бікарбонати, карбонати нейтралізують кислоти, розчинена у воді вуглекислота нейтралізує лужні компоненти стоків. Надходження зі стічними водами солей заліза, алюмінію приводять до утворення гідроксидів цих металів, адсорбції на них забруднень і випадіння в осад – донні відкладення. Хімічне окислювання розчиненим у воді киснем органічних забруднень супроводжується дією фізико-хімічних і біохімічних процесів, інтенсифікується дією ультрафіолетового сонячного випромінювання. Фотохімічні реакції у поверхневому шарі води збільшують швидкість окислення різних сполук у 2–10 раз.

Фізико-хімічні фактори самоочищення – сорбція, коагуляція, розчинення, емульгування домішок прискорюють агрегацію та випадіння в осад домішок природного й антропогенного походження. Сорбція розчинених і колоїдно-розчинених речовин завислими речовинами приводить до збільшення їхньої концентрації в певних мікронах об'єкта, збільшення швидкості хімічного та біохімічного окислення домішок і випадінню в осад. Випадіння завислих часток також є фізико-хімічним процесом, який супроводжується явищами агломерації, коагуляції, сорбції. Процеси випадіння в осад завислих речовин тісно пов'язані з життєдіяльністю гідро біонтів, які видаляють з води завислі речовини та споживають їх. Гідробіонти прискорюють процеси транзиту завислих речовин у донні відкладення, сприяють очищенню води й розподілу забруднень між водним шаром і мулом. Зі свого боку швидкість самоочищення природних вод від завислих речовин залежить від температури води, розміру часток, гідравлічного режиму водойм та інших, менш впливових факторів. Для підтвердження зазначеного наводимо результати досліджень в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 – Динаміка змін гідравлічної крупності часток (U_0), м/с під впливом температури води в ламінарних і перехідних зонах

Умовний (приведений) діаметр часток, мм	Діапазон температур води, °C			
	5–8	9–12	13–16	17–20
0,005	0,000 010 5	0,000 012 5	0,000 014 0	0,000 016 5
0,010	0,000 042 0	0,000 049 0	0,000 056 0	0,000 063 0
0,015	0,000 096 0	0,000 111	0,000 128	0,0001 44
0,020	0,000 167	0,000 193	0,000 222	0,000 250
0,10	0,004 10	0,005 00	0,005 75	0,006 40
0,50	0,048 0	0,052 8	0,056 8	0,060 8
1,0	0,1	0,106	0,111	0,117

Таблиця 4.2 – Динаміка змін гідравлічної крупності часток (U_0) у діапазоні температур 9–12 °C для турбулентної зони

Діаметр часток, мм	1,2	2,0	3,0	5,0	10	20
(U_0), м/с	0,126	0,184	0,234	0,294	0,42	0,63

Дані таблиці 4.1 засвідчують значне збільшення швидкості випадіння твердих часток зі збільшенням їхніх розмірів і меншою мірою при збільшенні температури води. Такі зміни гідравлічної крупності у нерухомій воді пояснюються теорією седиментації часток кулевидної форми у разі вільного падіння та математично визначаються за формулою Стокса:

$$U_0 = \frac{d^2 \cdot (p_1 - p) \cdot g}{18 \cdot \mu}, \text{ см/с}, \quad (4.1)$$

де d – діаметр частки, см;
 g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);
 p_1 – щільність частки, г/см^3 ;
 p – щільність води, г/см^3 ;
 μ – коефіцієнт динамічної в'язкості води, $\text{г/см}\cdot\text{с}$

Тобто U_0 зростає прямо пропорційно квадрату діаметра частки й обернено пропорційно динамічній в'язкості води, яка зменшується з підвищенням температури. Тому самоочищення водних об'єктів від завислих речовин у стоячій воді покращується з підвищенням температури. Одночасно збільшення концентрації завислих речовин і перехід у зону стиснутого випадіння та турбулентності знижується ступінь освітлення води за рахунок вертикальних складника потоку, що підтверджується даними таблиці 4.2. У цих умовах ефект самоочищення під впливом температури й динаміки потоку значно знижується, але зростає внаслідок дії хімічних і гідробіологічних факторів.

У донних відкладеннях процеси мінералізації відбуваються так само інтенсивно, як і у водному шарі. У них беруть участь бактерії, черв'яки, молюски, простіші, личинки комах.

Самоочищення від іонів важких металів проходить унаслідок процесів: випадіння в осад спільно з гідроксидами тривалентних металів, сорбції іонів органічними колоїдами й мікроорганізмами, утворення складних металоорганічних комплексів із гуміновими кислотами. Доля участі кожного із цих процесів видалення важких металів залежить від концентрації металів, рН водного об'єкта, окислювально-відновлювальних умов. Унаслідок цих процесів вода звільняється від іонів важких металів, які переходять у донні відкладення й там накопичуються.

Дослідження, які виконані в Українському науково – дослідному інституті екологічних проблем засвідчують, що вміст важких металів збільшується у донних відкладах основного русла р. Сіверський Донець які складаються із великої кількості мулу та глини. Високодисперсні фракції донних відкладень за рахунок поверхневої адсорбції зменшують концентрацію металів у водній фазі.

Іони міді й цинку частково видаляються із води лише внаслідок хімічних реакцій, процесів сорбції та поглинання водними рослинами, але залишаються у порівняно високих концентраціях у товщі води в розчинному стані. Зменшення їх концентрації відбувається лише в процесі розбавлення атмосферою водою. Зміна окислювально-відновлювальних процесів сприяє зворотному переходу іонів металів у водний шар і повторному забрудненню води.

У процесі самоочищення водних об'єктів і глибокої трансформації гумусових кислот у воді з'являються карбонові кислоти з гострим специфічним запахом (див. табл. 2.5, 2.6.).

Відновлення первісних властивостей і складу природних вод у процесі самоочищення в значною мірою відбувається завдяки функціонуванню гідро біонтів. У ході біохімічних процесів гідро біонти мінералізують органічні сполуки й акумулюють мінеральні забруднення. При цьому вони виділяють у воду вітаміни, ферменти, мікроелементи, жирні органічні й амінокислоти та інші біологічно активні речовини, які регулюють іонний склад води.

Провідна роль у процесах окислення органічних сполук належить симбіотичній взаємодії бактерій і водоростей. Бактерії розкладають органічні речовини (вуглеводи, білки, жири) до простіших, які необхідні для життєдіяльності водоростей. Останні в процесі фотосинтезу продукують кисень, необхідний для окислення органічних і мінеральних забруднень. Кінцевими продуктами деструкції органічних речовин є мінеральні сполуки (нітрати, фосфати, сульфати) і гази (вуглекислий, сірководень, метан).

Підвищені концентрації токсичних речовин пригнічують процеси деструкції бактеріями сторонніх для природної води речовин і допомагають накопиченню у воді не окислених органічних забруднень, погіршують якість водойм.

Вищі водорості (рдести, роголисник, елодея, ряска, очерет, рогоз) зі свого боку синтезують багато органічних речовин, використовуючи при цьому інші речовини із навколишнього середовища, зокрема антропогенного походження. Так, концентрація нафти зменшується в 30–50 раз при проходженні потоку води через зарості рослин. Деякі гриби мінералізують органічні речовини, маса яких перевищує у сотні раз їхню масу.

Забрудненість відходами водних об'єктів і кліматичні зміни, які відбуваються протягом останніх років, порушують існуючі фізико-хімічні і біохімічні механізми процесів самоочищення, збільшують використання розчиненого у воді кисню, підвищують біопродуктивність водойм. Характер змін за рахунок системного антропогенного впливу відображається передусім чергу на пригніченості основних продуцентів кисню – водоростей, змінюється кількісний і якісний склад гідробіонтів знижується здатність водних об'єктів до самоочищення. Велика біологічна продуктивність робить воду непридатну для використання.

Отже, процес самоочищення відчутно впливає на якість природних вод, забезпечує сталий розвиток водних екосистем. Зі свого боку, зменшення техногенно-антропогенного впливу на водні об'єкти для збереження їх природного стану, може реалізуватись за рахунок дії природоохоронних законодавчих актів, нормативно-правових та інженерно-технічних заходів.

5 ЗАКОНОДАВЧА І НОРМАТИВНО-ПРАВОВА СИСТЕМА ВОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ

Під час планування та проведення водоохоронних заходів прагнуть того, щоб якість води залишилась на природному рівні або в природному стані. Заходи будуть дієвими лише в разі комплексного вирішення проблем поліпшення екологічного стану природного середовища.

Комплекс водоохоронних заходів включає законодавчі, планувальні, наукові, технологічні й санітарно-технічні дії Міністерств і відомств України, які передбачають профілактичні та оперативні заходи реалізації прийнятих рішень.

До **профілактичних** заходів належать: розробка схем комплексного використання й охорони водних ресурсів; екологічна експертиза проектів будівництва та реконструкції об'єктів щодо їх впливу на якісний і кількісний стан вод; забезпечення введення в експлуатацію водоохоронних споруд водночас із введенням основних виробничих об'єктів; контроль за ефективною роботою очисних та інших водоохоронних споруд, за скиданням стічних вод і станом вод у водних об'єктах та самих об'єктів.

До **оперативних** заходів належать: встановлення норм ГДС зі стічними водами діючих підприємств забруднювальних речовин у водні об'єкти; введення в експлуатацію очисних споруд для досягнення встановлених норм ГДС.

Законодавчі замовлення – це кодекс законів і законодавчих державних актів (або офіціальних документів), у яких відображається політика уряду країни, стратегія та тактика дії міністерств, відомств, підприємств, окремих фізичних осіб у частині охорони водойм, їхні права й обов'язки, а також ті гігієнічні вимоги, дотримання яких попереджує негативний вплив води на здоров'я населення та забезпечення оптимальних умов життєдіяльності у населених пунктах.

У розділі II «Права і свободи людини і громадянина» Конституції України в ст. 50 відзначено, що кожний громадянин має право на безпечне для життя та здоров'я оточення й відшкодування шкоди, нанесеної порушенням цього права.

Водний кодекс України, прийнятий Постановою Верховної Ради України від 06.06.1995 у ст. 95 «Охорона вод від забруднення, засмічення і виснаження» указує, що всі водні об'єкти підлягають охороні від забруднення. Окремі статті Водного кодексу присвячені вимогам до якості води, яка використовується для задоволення питних і господарсько-побутових потреб, умов випуску стічних вод у водні об'єкти (ст. 70), заборона скидати у водні об'єкти відходи та сміття (ст. 99). Не допускається вводити в дію підприємства, які не мають очисних споруд необхідної потужності (ст. 98), заходів попередження забруднення вод добривами й хімічними засобами захисту рослин, охорони водних об'єктів віднесених до категорії лікувальних (ст. 104).

В Україні діє СанПіН 4630-88 «Санітарні правила охорони поверхневих вод від забруднення». Відповідно до нього всі поверхневі водойми розподіляють на дві категорії. Перша категорія – водойми, які використовують в якості джерела централізованого господарсько-питного водопостачання, друга – водойми культурно-побутового значення (для відпочинку, купання, заняття спортом тощо).

За порушення санітарного законодавства передбачено застосування певних дій щодо порушників за ст. 42 Закону України «Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення». Порядок стягнення штрафів за порушення санітарного законодавства встановлено відповідною інструкцією, затвердженою Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 64 від 14.04.1995.

Планувальні замовлення полягають у науковому обґрунтуванні, розробці та впровадженні:

- 1) санітарно-захисних розривів між водоймами й об'єктами народногосподарського комплексу;
- 2) зон санітарної охорони водопроводів, підземних і поверхневих вододжерел. Берегову смугу поверхневих водойм виділяють виключно для спеціального використання.

Наукові заходи полягають в обґрунтуванні гігієнічних умов до якості води водойм, які використовуються для централізованого господарсько-питного водопостачання або культурно-побутових потреб. Важливе значення мають розробки гігієнічних нормативів – граничнодопустимих концентрацій (далі – ГДК) і орієнтовно допустимих рівнів (далі – ОДР) хімічних речовин у воді водойм.

Розробляються науково обґрунтовані гігієнічні нормативи для шкідливих речовин, які можуть надходити у природні води зі стічними водами промислових підприємств, з поверхневим стоком із сільськогосподарських угідь, територій міст та забруднити водні об'єкти. Нормують шкідливі хімічні речовини у воді водойм за трьома показниками шкідливості: органолептичному, загально – санітарному і токсикологічному. Показник шкідливості, за яким встановлена найменша порогова концентрація хімічної речовини у воді, називається лімітуючим. Концентрація хімічних сполук у воді, яка не чинить токсичної дії за лімітуючим показником шкідливості, називається гранично допустимою.

Технологічні заходи передбачають наукове обґрунтування розробки та впровадження технологій, які могли б звести до мінімуму або повністю усунути можливість утворення та скиду у водні об'єкти стічних вод і твердих відходів, мінімізувати рівень надходження токсичних хімічних і біологічних забруднень у промислові стічні води.

Санітарно-технічні заходи полягають у науковому обґрунтуванні, розробці та впровадженні високоефективних методів і способів водовідведення, очищення й обеззаражування стічних вод всіх категорій незалежно від їх місця утворення.

Зважаючи на урбанізаційні процеси, різке збільшення дефіциту чистої води, значимість ріки Дніпро для населення, в Україні розробляється нормативно-правова система поліпшення екологічного стану водних об'єктів, зокрема з проблем оздоровлення басейну Дніпра. Одним з найважливіших пріоритетів державної політики у галузі охорони та відтворення водних ресурсів. 27 лютого 1997 року Верховною Радою України затверджена Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води .

Головною метою Національної програми є відновлення та забезпечення сталого функціонування Дніпровської екосистеми, якісного водопостачання, екологічно безпечних умов життєдіяльності населення та господарської діяльності та захисту водних ресурсів від забруднення та виснаження. Нею передбачали відновлення й забезпечення сталого функціонування екосистеми річки, якісного водопостачання, екологічно безпечних умов життєдіяльності населення та господарської діяльності, захисту водних ресурсів від забруднення й виснаження. На жаль, виконання національної програми провалили: із запланованого фінансування основних заходів її в сумі 533 млн грн фактично було виділено 102 млн, що становить лише 19 %. На виконання ряду робіт (наприклад, щодо екологічно безпечного використання водних ресурсів) за багато років узагалі не спрямували жодної копійки. Тому не можна дивуватися, що головна річка країни перебуває в катастрофічному стані. Не в кращому, а подекуди й в гіршому стані перебувають басейни інших річок України (Сіверського Дінця, Дністра, Західного Бугу, Південного Бугу, басейни річок Приазовської та Причорноморської низовин).

Улітку 2012 року в Україні набрав чинності документ, розроблений Держводагентством та Мінприроди та прийнятий Верховною Радою як закон – «Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року». Тому мета та стратегічні напрями, визначені Національною програмою для Дніпра, є аналогічними й для інших водних басейнів України.

На своєму засіданні 31 травня 2017 року Уряд ухвалив рішення про запровадження обліку поверхневих водних об'єктів в Україні. Прийняття постанов КМУ дозволить запровадити облік поверхневих водних об'єктів в Україні, який був до цього часу відсутній, а також привести у відповідність законодавчі акти України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом.

До цього часу зазначений облік не здійснювався, започаткування його ведення дозволить створити реальне підґрунтя на основі кількісного аналізу для достовірної оцінки поверхневих вод України, а також об'єктивного інформування громадськості про стан водних ресурсів України.

Серед різних аспектів охорони водних ресурсів від забруднення та виснаження провідне місце належить санітарній охороні, метою якої є забезпечення населення водою необхідної якості та створення нормальних санітарних умов життєдіяльності. Не менш важливим завданням є також

підтримання у водних об'єктах якості води, необхідної для життя риби, водоплавних птахів і тварин.

Найрадикальнішим шляхом охорони водних ресурсів від забруднення, засмічення та виснаження є припинення скидання стічних вод у водні об'єкти або очищення стічних вод і проведення інших ефективних заходів.

Системний аналіз сучасного екологічного стану басейнів річок України та організації управління охороною та використанням водних ресурсів дав змогу окреслити коло найактуальніших проблем, які потребують розв'язання, а саме:

- надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти внаслідок екстенсивного способу ведення водного господарства призвело до кризового зменшення само відтворювальних можливостей річок та виснаження водно ресурсного потенціалу;

- стала тенденція до значного забруднення водних об'єктів унаслідок неупорядкованого відведення стічних вод від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь;

- широкомасштабне радіаційне забруднення басейнів багатьох річок унаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС;

- погіршення якості питної води внаслідок незадовільного екологічного стану джерел питного водопостачання;

- недосконалість економічного механізму водокористування та реалізації водоохоронних заходів;

- недостатня ефективність існуючої системи управління охороною та використанням водних ресурсів унаслідок недосконалості нормативно-правової бази і організаційної структури управління;

- відсутність автоматизованої постійно діючої системи моніторингу екологічного стану водних басейнів акваторії Чорного та Азовського морів, якості питної води та стічних вод у системах водопостачання і водовідведення населених пунктів та господарських об'єктів.

5.1 Нормативно-правове забезпечення якості поверхневих вод від забруднення стічними водами

Попередження та ліквідація діючих забруднень водних об'єктів можливі у випадку неухильного виконання водокористувачами «Санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднення» (СанПіН 4630-88).

Правила установлюють гігієнічні вимоги й нормативи якості поверхневих вод, регламентують різні види господарської діяльності, які можуть чинити негативну дію на стан поверхневих вод, а також скид у водні об'єкти всіх категорій стічних вод і поверхневого стоку.

Нормативи складу та властивостей води водних об'єктів, які повинні бути забезпечені у процесі використанні їх для різних господарських цілей, установлюються стосовно двох категорій водокористування.

До першої категорії належать використання водного об'єкта як джерела централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водозабезпечення та водозабезпечення підприємств харчової промисловості.

До другої категорії – використання водного об'єкта для культурно-побутових потреб населення, рекреації спорту, а також використання водних об'єктів, які перебувають у межах населених пунктів.

Склад і властивості води водних об'єктів повинні відповідати вимогам у створах, які розміщені на водотоках в одному кілометрі вище ближніх за течією пунктів водокористування (водозабір для господарсько-питного водопостачання, місця для купання, організованого відпочинку, території населеного пункту тощо), а на непроточних водоймах і водосховищах – в одному кілометрі в обидва боки від пункту водокористування.

У відповідності до «Санітарних правил і норм» забороняється скидати у водні об'єкти стічні води, в яких є речовини, що не мають розроблених гранично допустимих концентрацій (далі – ГДК) або орієнтовних допустимих рівнів (далі – ОДР), які розроблені на основі розрахункових і експрес-експериментальних методів прогнозу токсичності.

Забороняється скидати: неочищені, недостатньо очищені промислові, господарсько-побутові стічні води й поверхневий стік із території промислових площадок і населених пунктів, стічні води, які можуть бути усунуті шляхом організації безстічних виробництв, раціональної технології, максимального використання в системах зворотного й повторного водопостачання після відповідної очистки та знезаражування в промисловості, міському господарстві та для зрошення в сільському господарстві та інші заборонені заходи, які забезпечують оздоровлення водних об'єктів.

Склад і властивості води водойм у пунктах водокористування за жодним показником якості не повинні перевищувати нормативи, які зазначені в правилах водокористування та наведені в СанПіН 4630-88 (див. у додатку Ж).

Правилами передбачені вимоги щодо умов відведення стічних вод у водні об'єкти. Умови водовідведення визначаються з урахуванням ступеня можливого змішування та розбавлення стічних вод водами водного об'єкта на ділянці від місця випуску до розрахункового (контрольного) створу ближнього пункту водокористування, якості води у фоновому створі, які знаходяться вище місця розрахункового випуску стічних вод за результатами аналізу не більш ніж дворічної давності.

Правилами передбачені також вимоги щодо розміщення, проектування, будівництва, реконструкції підприємств, будівель і споруд, які впливають на стан поверхневих вод.

Погодженню з відповідними органами підлягають проектні матеріали:

- схеми комплексного використання та охорони водних ресурсів, річних басейнів, окремих регіонів, територіально промислових комплексів або промислових районів;
- територіальні комплексні схеми охорони природи;
- схеми генеральних планів промислових вузлів;
- проекти районного планування та планування забудови міст, селищ, сільських населених пунктів;
- ТЕО і ТЕР, проекти будівництва об'єктів.

У процесі експлуатації об'єктів водокористувачі повинні забезпечувати роботу очисних споруд і дотримуватися гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів. Для визначення пріоритетів і об'ємів необхідних водоохоронних заходів необхідно керуватись гігієнічною класифікацією водних об'єктів за рівнем забруднення (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднень

Ступінь забруднення.	Оціночні показники забруднення для водних об'єктів I і II категорій							Індекс забруднення
	Органолептичний		Токсикологічний	Санітарний режим		Бактеріологічний		
	Запах, присмак (бали)	ГДК орг. (ступінь перевищення)	ГДК токс. (ступінь перевищення)	БСК ₂₀ , мг/л				
				I	II			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Допустимий	2	1	1	3	6	4	Менше 1·10 ⁴	0
Помірний	3	4	3	6	8	3	1·10 ⁴ – 1·10 ⁵	1
Високий	4	8	10	8	10	2	Більше 1·10 ⁵ – 1·10 ⁶	2
Надзвичайно високий	>4	>8	100	>8	>10	1	Більше 1·10 ⁶	3
Примітка 1. ГДК _{орг.} – гранично допустима концентрація речовин за органолептичною ознакою шкідливості								
Примітка 2. ГДК _{токс.} – гранично допустимі концентрації речовин, встановлені за токсикологічною ознакою шкідливості								
Примітка 3. БСК ₂₀ – наведені рівні для водойм I і II категорії водокористування								

Склад і властивості води водних об'єктів повинні відповідати нормативним показникам домішок і забруднень. В основу нормування хімічних речовин закладені показники гранично допустимих концентрацій (далі – ГДК), які виконують функцію стандарту якості води й забезпечують збереження здоров'я людей і життєдіяльність гідробіонтів.

Поняття ГДК базується на концепції пороговості дії хімічних сполук. Для кожної речовини, яка спричиняє небажоприємні ефекти на організм, існує й може бути найдена доза (концентрація), що для найчутливіших показників функцій організму буде чинити мінімальну (порогову) дію. При більш низьких концентраціях ця речовина не спричиняє шкідливої дії, а її присутність у воді у нормованій кількості, яка не перевищує ГДК, можна вважати безпечною.

СанПіН 4630-88 поняття ГДК визначає, як максимальну концентрацію речовини, що не чинить прямого або опосередкованого впливу на стан здоров'я населення (при дії на організм протягом усього життя) і не погіршує гігієнічні умови водокористування.

Для певних хімічних сполук, що не мають науково обґрунтованих значень ГДК, розробляються орієнтовні допустимі рівні (далі – ОДР) речовин – прогностичні рівні токсичності, які допускається використовувати на стадії попереджувального санітарного нагляду за очисними спорудами і підприємствами, що проектується або будуються.

Статус нормативів (ГДК, ОДР) на хімічні речовини визначений за трьома ознаками шкідливості:

- санітарно-токсикологічний (чутливість живих організмів щодо дії токсичних речовин – с.-т.);
- загальносанітарний (інтенсивність БПК, процесів мінералізації азототримуючих сполук, розвитку і відмирання сапрофітової мікрофлори – заг.);
- органолептичний (змінює запах води – зап., впливає на забарвленість – заб., викликає появу піни – пін., утворює плівку на поверхні води – пл., надає воді присмак – присм.).

Санітарні норми передбачають також класифікацію за показниками небезпеки речовин для людини (табл. 5.2) і розподіляють хімічні сполуки на чотири класи.

Таблиця 5.2 – Класифікація хімічних сполук за показниками небезпеки

№ з/п	Клас небезпеки	Характеристика небезпеки
1	2	3
1	1	Надзвичайно небезпечні
2	11	Високо небезпечні
3	111	Небезпечні
4	1V	Помірно небезпечні

Класи небезпеки речовин враховують для такого:

- вибору сполук, які підлягають першочерговому контролю у воді як індикаторних речовин;
- визначення послідовності водоохоронних заходів, що потребують додаткових капітальних вкладень;
- обґрунтування рекомендацій щодо заміни в технологічних процесах високонебезпечних речовин на безпечні;
- визначення першочерговості в розробці чутливих методів аналітичного визначення сполук у воді.

Розподіл хімічних речовин за впливом на організм людини й життя водних організмів на три категорії за лімітуючими показниками шкідливості (далі – ЛПШ) – санітарно-токсикологічному, загально санітарному й

органолептичному, дозволяє регламентувати можливість скиду забруднювальних речовин у водне середовище.

При скиді у водні об'єкти декількох речовин з однаковими лімітуючими показниками шкідливості І і ІІ класів небезпеки, то з урахуванням домішок, які надходять у водний об'єкт від вище розміщених джерел, сума відношень концентрацій ($C_1, C_2 \dots C_n$) кожної з речовин у водному об'єкті до відповідного ГДК не повинна перевищувати одиниці:

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + \dots + C_n / \text{ГДК}_n \leq 1 \quad (5.1)$$

У разі, коли $\sum C_i / \text{ГДК}_i > 1$, скид стічних вод у водний об'єкт із зазначеними концентраціями токсичних речовин не допускається. Потрібно визначити токсичні речовини, які можливо знезаразити на локальних очисних спорудах, зменшити їхню концентрацію до безпечних і виконати умови рівняння (5.1).

Значення рибогосподарських і гігієнічних ГДК для водойм може істотно відрізнятись (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Порівняльна характеристика деяких рибогосподарських і гігієнічних ГДК домішок води

№ з/п	Забруднювальні речовини	Рибогосподарські ГДК		Гігієнічні ГДК	
		Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, мг/дм ³	Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, мг/дм ³
1	2	3	4	5	6
1	Аміак	Токсикологічний	0,05	Санітарно-токсиколог.	2,0
2	Анілін	Токсикологічний	0,000 1	Санітарно-токсиколог.	0,1
3	Гексахлоран	Токсикологічний	0,01	Органолептичний	0,02
4	ДДТ	Токсикологічний	0,0	Санітарно-токсиколог.	0,1
5	Кадмій	Токсикологічний	0,005	Санітарно-токсиколог.	0,01
6	Кобальт	Токсикологічний	0,001	Санітарно-токсиколог.	1,0
7	Мідь	Токсикологічний	0,01	Органолептичний присмак	1,03
8	Миш'як	Токсикологічний	0,05	Санітарно-токсиколог.	0,05
9	Нікель	Токсикологічний	0,01	Санітарно-токсиколог.	0,13
10	Карбофос	Токсикологічний	0,0	Органолептичний, запах	0,05
11	Цинк	Токсикологічний	0,01	Загально-санітарний	1,03
12	Нафта багатосірчана	Токсикологічний	0,05	Органолептичний, запах, плівка	0,1

Якщо у складі стічних вод містяться декілька речовин із токсичними властивостями, які належать до різних категорій за ЛПШ, то для кожної

речовини концентрація у водному об'єкті не повинна перевищувати відповідну ГДК.

Наведені в таблиці 5.3 дані засвідчують, що певні забруднювальні речовини, насамперед техногенного походження, в результаті високої токсичності мають різну концентрацію в природних водах різного водокористування, змінюють лімітуючу ознаку водного об'єкта при надходженні до нього.

Гранично допустимі концентрації найрозповсюдженіших шкідливих речовин за різними лімітуючими ознаками, що надходять у водойми з міськими й поверхневими водами наведені у додатку И. Концентрація цих речовин у водоймах системно контролюється санітарно-екологічними службами.

Діючі нормативи за ознаками шкідливості на основі ГДК регламентують концентрацію токсичних речовин у водних об'єктах, але не враховують дію синергізму й антагонізму різних забруднень, процеси кумуляції цих речовин водними організмами.

Для деяких забруднювальних речовин відсутні надійні аналітичні методи контролю. При цьому нормуються одні форми сполук, а в природних водах вони трансформуються в інші, часто у більш токсичні. Дія токсичних речовин залежить від конкретної гідрохімічної ситуації водного об'єкта – температури, розчиненого кисню, рН, домішок природного походження та їх концентрації, що може істотно змінювати якість водного середовища. Тому необхідно кожний водний об'єкт розглядати як єдину екосистему й розробляти екологічне нормування ГДК. В основі розробки екологічних нормативів лежить концепція системного вирішення якості природного середовища з урахуванням усіх факторів комбінованої та комплексної дії забруднень (граничнодопустиме екологічне навантаження – ГДЕН) на певну екосистему. Критичною ланкою всієї екосистеми може бути той чи інший вид організмів, який найчутливіший до цього фактору. Цей вид і буде визначати навантаження на систему загалом.

Певний вклад був зроблений у розвиток цієї концепції роботою «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» і методика біотестування в системі контролю забруднення водного середовища на культурі інфузорій.

Отже, на науковому та практичному рівнях певні аспекти екологічного підходу щодо визначення дії забруднень на біоценози водойм вирішується, а виконання забезпечується комплексом заходів за санітарної охорони водних об'єктів.

5.2 Нормативно-правове забезпечення якості міських стічних вод

Збільшення темпу росту чисельності міського населення, концентрація виробництва на обмежених площах спричиняє якісні та кількісні зміни водних ресурсів на урбанізованій території під дією міських стічних вод.

Міські стічні води – це суміш господарсько-побутових, виробничих, дощових (снігових) стічних вод, а також скидної води від поливання й миття міських територій, що надходять у систему водовідведення міста. Для

безпечного відведення міських стічних вод каналізаційною мережею та ефективного очищення на біологічних спорудах міста на практиці дотримуються виконання науково обґрунтованих рекомендацій щодо їхньої якості. Узагальнені склад і динаміка показників якості в процесі біологічної очистки міських стічних вод наведені в таблиці 5.4, а діапазон концентрацій допустимий для забезпечення ефективного очищення в межах нормативів – у додатку К.

Таблиця 5.4 – Узагальнені склад і динаміка показників якості міських стічних вод у процесі біологічного очищення

№ з/п	Показники якості	Середньо річні значення показників якості стічних вод, мг/дм ³			ГДК домішок в очищених стічних водах, мг/дм ³
		до очищення	після очищення	після доочищення	
1	2	3	4	5	6
1	БСК	285	10,3	2,1	3
2	Завислі речовини	240	12,7	5,8	12
3	Сухий залишок	620	608	520	700
4	ХСК	342	12,7	3,2	4,5
5	Нафтопродукти	0,5	0,03	сліди	0,05
6	Азот амонійний	17,6	8,2	0,2	1,6
7	Нітрити	2,3	1,2	0,3	0,3
8	Нітрати	4,7	8,3	4,1	6,2
9	Сульфати	150	148	160	150
10	Хлориди	110	103	180	110
11	Фосфати	5,2	2,6	0,5	1,5
12	Залізо загальне	0,54	0,03	сліди	0,5
13	Хром ⁶⁺	0,008	0,0006	сліди	0,1
14	СПАР	7,4	2,0	0,1	0,1
15	Цинк	0,03	0,003	сліди	0,01

Для міст України ці вимоги, що до концентрації забруднювальних речовин у скидах стічних вод у комунальну мережу можуть істотно відрізнятися і конкретизуватися з урахуванням урбанізаційно-екологічних особливостей поселень, складу очисних споруд та ефективністю їхньої роботи, потужностями, кількісним співвідношенням господарсько-побутових і промислових стічних вод, їхньою якістю. Такі розбіжності підтверджуються при порівнянні даних таблиць 5.4 і 5.5. Зауважимо, що очисні споруди проектувалися і будувалися з урахуванням можливих змін якості міських стічних вод, які будуть надходити в каналізаційну мережу та очисні споруди, але якість очищених вод при скиді у водний об'єкт буде гарантована й відповідати нормативам.

Кількість і якість забруднень, що надходять у господарсько-побутові стічні води, порівняно стабільні. Вони нормуються, враховуються в проектних рішеннях і практиці експлуатації очисних споруд та становлять у розрахунку на одного жителя величини, зазначені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.5 – Допустима концентрація забруднювальних речовин у скидах стічних вод у комунальну мережу каналізації деяких міст України

№ з/п	Показники якості стічних вод	Допустима концентрація забруднень у стічних водах, мг/дм ³				
		Київ	Лубни	Миколаїв	Полтава	Харків
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура	до 40 °С	до 40 °С	до 40 °С	до 40 °С	до 40 °С
2	рН	6,5–9,0	6,5–9,0	6,5–9,0	6,5–9,0	6,5–9,0
3	Завислі речовини	300	до 500	200	250	до 500
4	БСК ₅	200	350	250	200	500
5	ХСК	500	–	–	–	–
6	Сухий залишок	1000	–	–	–	–
7	Сульфати (по SO ₄ ²⁻)	380	400	100	290	70
8	Хлориди (по Cl ⁻)	240	350	300	150	890
9	Жири рослинні та тваринні	50	50	50	4,3	4,0
10	Нафта та нафтопродукти	4,5	20	0,42	2,0	1,1
11	Азот амонійний	20	30	12	10	2,0
12	Нітрити (за NO ₂ ⁻)	3,3	3,3	0,284	0,41	0,336
13	Нітрати (за NO ₃ ⁻)	45	45	–	–	–
14	Фосфати (за PO ₄ ³⁻)	8,0	до 10	3,5	2,4	3,5
15	Ціаніди	0,5	–	0,48	0,62	0,57
16	СПАР	20,0	20	50	1,0	0,2
17	Феноли	0,14	–	0,057	0,020	0,067
18	Фторіди	–	–	2,47	1,83	2,92
19	Залізо загальне	2,0	2,5	0,25	1,54	4,8
20	Кадмій	0,05	–	0,035	0,012	0,042
21	Мідь	0,3	0,5	0,004	0,15	0,007
22	Нікель	0,6	0,5	0,002	0,08	0,034
23	Ртуть	–	–	0,028	0,03	0,036
24	Хром (по Cr ⁶⁺)	0,1	0,1	0,005	0,05	0,017
25	Цинк	0,9	1,0	0,033	0,17	0,077

Тому стабільність складу господарсько-побутових стічних вод дає змогу прогнозувати якість води водойм з урахуванням їх очищення на очисних біологічних спорудах, процесів змішування, розбавлення та еколого-економічного обґрунтування.

Об'єм господарсько-побутових стічних вод у містах щороку зростає внаслідок поліпшення санітарно-гігієнічних умов міського населення та збільшення його чисельності.

Але найвідчутніші зміни відбуваються у складі природних вод за рахунок впливу виробничих стічних вод: збільшується концентрація розчинених

органічних і біогенних домішок, бактеріальних забруднень, солевмісту, нерозчинених твердих часток, та особливо токсичних забруднень – нафтопродуктів, фенолів, солей важких металів, СПАР тощо.

Таблиця 5.6 – Кількість речовин, що забруднюють воду, на одного жителя

№ з/п	Показник	Кількість забруднювальних речовин на одного жителя, г/добу
1	2	3
1	Завислі речовини	65
2	БСК _п не фільтрованої рідини	75
3	БСК _п фільтрованої рідини	40
4	Азот амонійних солей N	8
5	Фосфати P ₂ O ₅ , зокрема від миючих засобів	3,3 1,6
6	Хлориди	9
7	СПАР (поверхнево-активні речовини)	2,5

Зміна якості природних вод під впливом виробничих стічних вод найвідчутніша, оскільки склад і характеристика їх надзвичайно різноманітні й залежать від виду виробництва, сировини, допоміжних матеріалів, відходів, особливостей технологічного процесу. Склад стічних вод навіть на одному виробництві може змінюватись у широких межах.

Кількісні характеристики певних категорій виробничих стічних вод можуть істотно зменшуватись завдяки впровадженню водозберігаючих технологій, організації зворотного водопостачання. Ураховуючи, що об'єм виробничих стічних вод становить 70–80 % від об'єму всіх стоків, які скидаються у поверхневі водні об'єкти, вони залишаються головними факторами зміни якості води водойм.

На урбанізованій території кількісні зміни водних ресурсів обумовлені збільшенням водоспоживання населенням і промисловістю, зменшенням інфільтрації атмосферних і поливально-мийних стічних вод на водонепроникних і мало проникних (дорожні покриття, будівлі жилого, промислового та господарського значення) площах, що перерозподіляє підземні й поверхневі складники водних ресурсів.

На якість води водойм також істотно впливають поверхневі зливові і поливально-мийні води за рахунок високої концентрації в них мінеральних і органічних домішок, нафтопродуктів. Джерела забруднення водних об'єктів нафтопродуктами належать переважно до груп площадкових, точкових і дифузних, знаходять у річкову мережу практично не контролювано.

У таблиці 5.7 наведені узагальнені показники якості поверхневих стічних вод від забудованих міських територій які засвідчують високий рівень забрудненості за показниками «завислі речовини» і «нафтопродукти» та опосередковано вказують на необхідність покращення санітарно-екологічного

стану міста. Завислі речовини адсорбують на свої поверхні нафтопродукти, мікроорганізми, солі важких металів, а тому надзвичайно негативно впливають на життєдіяльність гідробіонтів, змінюють якість водойм.

Таблиця 5.7 – Середні концентрації забруднень поверхневих стічних вод селітебних територій, мг/л

№ з/п	Показники якості стічних вод	Категорії стічних поверхневих вод		
		Дощові	Талі	Поливально-мийні
1	2	3	4	5
1	Завислі речовини	400–1 200	2 000–2 500	800–1 200
2	Нафтопродукти	7–20	20–30	10–20
3	ХСК фільтрованої проби	80–150	100–150	80–100
4	БСК фільтрованої проби	30–90	30–50	25–70
5	Сухий залишок	400–800	400–600	–
6	Прожарений залишок	400–500	100–50	–

Поверхневі води з територій промислових площадок відповідно до діючих нормативів повинні очищатись і використовуватись у системах технічного водопостачання підприємств.

Система водного господарства промислових підприємств повинна бути з повторно-послідовним або зворотним використанням охолоджувальної води для окремих цехів або всього підприємства загалом. Незворотні втрати води повинні поповнюватись шляхом акумулювання поверхневих стічних вод, господарсько-побутових або виробничих, після їх очищення та знезаражування. Удосконалення структури водокористування на підприємствах зазвичай не потребує великих фінансових витрат

Стічні води, які не забруднюються в процесі виробництва, повинні використовуватись на підприємстві або передаватись іншому споживачу, зокрема на зрошення.

Виробничі стічні води, які не можуть використовуватись на підприємстві, направляються спільно з господарсько-побутовими водами населеного пункту на міські очисні споруди. Вони повинні відповідати загальним вимогам Правил, введених у дію 06.05.2002, щодо складу та властивостей стічних вод.

Виробничі стічні води приймають у систему водовідведення міста з дозволу «Водоканалу» за умови їх відповідності вимогам діючих нормативних документів – діючому БДН, «Технічним умовам на якість і режим скиду стічних вод підприємств у комунальну систему водовідведення населених пунктів». При цьому стічні води підприємств не повинні:

- порушувати роботу каналізаційних мереж і споруд;
- мати більше 500 мг/дм³ завислих і спливаючих речовин, або таких, які можуть засмічувати каналізаційну мережу чи відкладатись на стінках труб;
- руйнувати матеріал труб і елементи споруд системи водовідведення;

- мати у складі шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиду їх у водойми з урахуванням ефективності очищення, та горючі домішки та розчинені гази, які можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в мережі й спорудах.

Температура стічних вод не повинна перевищувати 40 °С, оскільки висока температура може привести до руйнування водонепроникних з'єднань труб, інтенсифікації біологічних і фізико-хімічних процесів у каналізаційній мережі та корозії матеріалу труб, забруднення навколишнього середовища за рахунок експлуатації стічних вод.

У виробничих стічних водах також не повинні бути шкідливі бактеріальні забруднення, нерозчинені масла, смоли, мазут, біологічно жорсткі СПАР. Концентрація сульфідів не може перевищувати 3 мг/дм³, а сульфатів – 400 мг/дм³, що зменшує вірогідність корозії труб. Концентрація іонів водню повинна бути в межах 6,5÷9,0.

Важливим показником якості виробничих стічних вод є співвідношення ХСК/БСК. Якщо ХСК/БСК не перевищує установлені нормативної величини, то біологічні міські споруди забезпечать необхідну якість очищених міських стічних вод. Для промислових стічних вод, які направляються в систему водовідведення населених пунктів, величина співвідношення становить 1,2÷2,5. Збільшення цієї величини засвідчує про значну долю шкідливих речовин, які містяться у стічних водах і не можуть мінералізуватись мікрофлорою біологічних очисних споруд. ХСК завжди перевищує БСК_п (табл. 5.8.), тому що не всі органічні речовини мінералізуються біохімічним методом. Чим більше різниця між показниками ХСК і БСК, тим більший приріст біомаси відбувається на штучних окиснювачах (біофільтрах, аеротенках, біосорберах).

Використовують також для характеристики виробничих стічних вод співвідношення БСК/ХСК. Для прикладу наводимо відсоток показника БСК від ХСК для деяких хімічних речовин у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Співвідношення БСК_п і ХСК для деяких речовин

Речовина	Хімічна формула	На 1 г речовини		БСК у % від ХСК
		ХСК	БСК _п	
1	2	3	4	5
Етиловий спирт	C ₂ H ₅ ОН	2 080	1 820	87,4
Ацетон	CH ₃ COCH ₃	2 170	1 680	76,5
Оцтова кислота	CH ₃ COОН	1 070	860	80,0
Фенол	C ₆ H ₅ ОН	2 380	1 100	46,0
Глюкоза	C ₆ H ₁₂ O ₆	1 010	600	59,5

Величина співвідношення показує, яка частка від загального складу органічних забруднень буде окислюватись біохімічним способом. Уважається, що біологічне очищення доцільне, якщо відношення БСК/ХСК = 0,5. Чим воно вище, тим ефективніша біологічна очистка. Для побутових стічних вод це

співвідношення достатньо стає та становить 0,86, а для промислових – змінюється в широких межах.

Нормується також концентрація розчинених солей, яка не повинна перевищувати 10 000 мг/л у суміші побутових і виробничих стічних вод.

Відповідно до складу технологічної схеми очищення міських стічних вод змінюються вимоги щодо показника БСК. Якщо в схемі задіяні біофільтри або аеротенки – витискувачі, то БСК_п не повинно перевищувати 500 мг/л, для аеротенків інших конструкцій до 1 000 мг/л.

5.3 Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища та стягнення цього збору

Покращення стану водогосподарського комплексу передбачає збереження чистоти водних ресурсів від забруднення скидами стічних вод за рахунок впливу фінансово-економічних чинників на водокористувачів.

Кабінет Міністрів України постановою № 303 від 01.03.1999 затвердив «Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору». Постановою передбачається встановлення лімітів на скид стічних вод у водні об'єкти державного й місцевого значення та видачу їх первинним водокористувачам. Ліміти визначаються у дозволах на спеціальне водокористування та видаються відповідно республіканськими або місцевими виконавчими органами.

Обсяги скидів, що пов'язані з проведенням планового ремонту каналізаційних мереж і споруд, включаються до загального ліміту скидів. Збір, який справляється за ці скиди, нараховується як за скиди, що проводяться в межах установлених лімітів. У разі перевищення погодженого обсягу скидів та порушення умов їх проведення, пов'язаних із плановим ремонтом каналізаційних мереж і споруд, плата начисляється як за понадлімітні скиди, а збитки, заподіяні навколишньому середовищу, відшкодовуються в п'ятикратному розмірі.

Збори за забруднення перераховуються на окремі рахунки до місцевих фондів охорони навколишнього природного середовища (сільських, селищних, міських бюджетів) – 20 %, до бюджету АРК і обласних – 50 % і до державного фонду – 30 %. Суми збору, які справляються за скид стічних вод, обчислюються платниками збору самостійно на підставі затверджених лімітів із фактичних обсягів скидів, нормативів збору, наведених відповідно в таблицях 5.9 і 5.10.

Важливим є положення, що враховуючи місцеві умови, виконавчі органи мають право самостійно збільшувати перелік забруднюючих речовин, на які встановлюється збір за скид. Нормативи збору за скид цих забруднюючих речовин і таких, що не ввійшли до таблиці 5.9 встановлюються за критеріями і ставками, наведеними у табл. 5.10.

Зрозуміло, що найвищий норматив збору відповідає складності видалення токсинів на спорудах біологічного очищення стічних вод.

Таблиця 5.9 – Нормативи збору, який збирається за скиди основних забруднювальних речовин у водні об'єкти, зокрема у морські води

Назва забруднювальних речовини	Норматив збору, гривень/тонну
1	2
Азот амонійний	35
Органічні речовини (за показниками БСК ₅)	14
Завислі речовини	1
Нафтопродукти	206
Нітрати	3
Нітроти	172
Сульфати	1
Фосфати	28
Хлориди	1

Таблиця 5.10 – Норматив збору, який справляється за скиди забруднювальних речовин у водні об'єкти залежно від концентрації забруднювальних речовин

Концентрація забруднювальних речовин	Норматив збору, гривень/тонну
1	2
Забруднювальні речовини з гранично допустимою концентрацією у воді рибогосподарських водойм (мг/л):	
до 0,001	2 752
0,001–0,09	1 995
0,1–1 (включно)	344
1–10	35
вище 10	7

Отже, діючі нормативно-правові й фінансово-економічні чинники спонукають водокористувачів до раціонального використання та охорони водних ресурсів.

6 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНІ ТА РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНІ ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ВІДВЕДЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

Сталий розвиток міст України передбачає комплексний підхід щодо розвитку технічної інфраструктури, і насамперед систем водопостачання та водовідведення, збереження санітарно – екологічного стану природного середовища й переходу від надлишкового принципу природокористування до раціонального, збалансованого споживання природних ресурсів.

У цих умовах необхідно використовувати науково – обґрунтовані заходи, спрямовані на зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти й забезпечення функціонування природних процесів самоочищення водойм.

Одним із важливих засобів, який забезпечує збереження та розвиток екосистем, є виконання вимог «Санітарних правил і норм» водокористувачами при скиді стічних вод у водні об'єкти. Відповідно до цих умов, скид стічних вод визначається з огляду на ступінь можливого змішування та розбавлення стічних вод водами водного об'єкта на ділянці від місця випуску стоків до розрахункового (контрольного) створу ближнього пункту водокористування.

6.1 Розбавлення стічних вод у водоймах

Проектування об'єктів водогосподарського комплексу, розробка гранично-допустимих скидів забруднень зі стічними водами та санітарна експертиза виконуються за результатами розрахунку показника (коефіцієнта) ступеня розбавлення стічних вод водами проточних і непроточних водойм.

Методики розрахунку коефіцієнтів кратності розбавлення науково обґрунтовані й використовуються для практичних потреб.

Методики М. А. Руфеля й А. В. Караушева для визначення кратності розбавлення стічних вод у непроточних водоймах використовується для приблизних розрахунків, потребують використання малодоступних характеристик вітрового та стокового режимів течії, гідрологічних особливостей водного об'єкта й гідравлічних умов, які динамічно й відчутно змінюються у часі, тому не будуть розглядатись.

Практичніше значення має методика розрахунку коефіцієнта кратності розбавлення стічних вод водою проточної водойми, запропонована В. А. Фроловим та І. Д. Родзилером, на якій зупинимось докладніше.

Відомо, що повне розбавлення можливо визначити за формулою:

$$n = \frac{Q + q}{q}, \quad (6.1)$$

де Q – вода водотоку, що розбавляє;
 q – очищена стічна вода, яка надходить до водотоку;
 n – кратність розбавлення.

Формула відповідає умові повного змішування води стічної та природної води водойми. Це змішування не відбувається відразу, оскільки динаміка руху водних мас у річному потоці залежить від низки гідравлічних і гідрологічних факторів.

Рух води у річці відбувається турбулентно з пульсацією швидкості, яка безперервно змінюється за величиною та напрямком. Вода рухається то вгору, то вниз під різними кутами до напрямку основного руху, що утворює своєрідні внутрішні течії, які набувають зигзагоподібний, гвинтовий характер і покращують умови перемішування.

Нерівності дна утворюють місцеві вири. Звивиста форма русла змінює напрямок руху на поворотах і призводить до неспівпадіння поверхневої та донної течій. Тертя річного потоку об дно і береги зменшує швидкість прилеглих шарів води. Від швидкості турбулентного руху у руслі ріки залежить інтенсивність вихорів і вирів. Ступінь безладдя у руслі забезпечує швидке перемішування водних мас. Тому чим крупніша водойма, тим гірші умови для перемішування й тим далі від місця випуску стічних вод буде пункт повного змішування, а навіть велика різниця витрат води, яка розбавляє, та води, яку розбавляють, не буде мати вирішального значення.

Малі й середні гірські ріки мають найкращі умови для змішування. Коефіцієнт Шезі, який характеризує умови перемішування в таких річках, перебуває в межах $C = 15 - 40$. У рівнинних ріках умови змішування більше розрізняються і коефіцієнт Шезі може становити $C = 30 - 70$.

Швидкість змішування залежить також від умов надходження стічних вод у водний об'єкт. Повне змішування буде відбуватись швидше, якщо конструкція випуску буде розсіюючою у порівнянні з зосередженою. Прискорюється змішування у разі розміщення підводного випуску стічних вод у фарватері. Але у всіх випадках повне змішування відбувається на певній відстані від місця скиду стічних вод. Тому реальну кратність розбавлення можливо визначити, якщо у формулу 6.1 ввести коефіцієнт, що враховує ступінь повноти змішування та розбавлення стічних вод у водному об'єкті. Тоді формула буде виглядати так:

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (6.2)$$

де γ – коефіцієнт, який враховує ступінь повноти змішування та розбавлення стічних вод річковою водою, і визначається, якщо змішування відбувається у водному об'єкті не по всій ширині потоку. Коефіцієнт γ показує яка частина витрат ріки змішується зі стічними водами. Тому γ до місця повного перемішування вод, завжди менше одиниці.

Розбавлення стічних вод у воді водойм здійснюється під впливом турбулентного руху води й визначається відношенням об'єму води у водоймі до кількості стічних вод, які до неї скинуті. Швидкість розбавлення залежить від швидкості змішування стічних вод із водою водойми в часі та просторі, і визначається гідравлічними й гідрологічними особливостями водного об'єкта:

глибиною, швидкістю та струмністю течії, схилом дна, наявністю мілин, перекатів, різких поворотів, напрямом дії вітру, температури навколишнього середовища, конструкцією випуску й іншими умовами. Для розрахунку коефіцієнта змішування стічних вод із водою проточної водойми використовують формулу І. Д. Родзіллера:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - \frac{1}{2,72^{\alpha \sqrt[3]{L}}}}{1 + \frac{Q}{q} \frac{1}{2,72^{\alpha \sqrt[3]{L}}}} \quad (6.3)$$

де e – основа натурального логарифму, що дорівнює 2,72;

α – коефіцієнт, який враховує гідравлічні фактори змішування;

L – відстань до контрольного створу по течії (по фарватеру) ріки, м.

Величина α визначається емпірично установленою залежністю від низки факторів які введені у формулу:

$$\alpha = \xi \varphi \sqrt[3]{\frac{D}{q}} \quad (6.4)$$

де ξ – коефіцієнт, який залежить від місця випуску стоків у річку (для випуску біля берега $\xi = 1$, у зоні найбільших швидкостей – $\xi = 1,5$);

φ – коефіцієнт звивисті ріки, який визначається за формулою:

$$\varphi = \frac{L_{\phi}}{L_{np}}$$

де L_{ϕ} і L_{np} . – відповідно, відстань від випуску до контрольного створу по фарватеру і пряма відстань між цими двома пунктами;

D – коефіцієнт турбулентності дифузії, який визначається у відповідності до загальної характеристики водотоку. Коефіцієнт турбулентності дифузії відноситься до основних параметрів в розрахунках перемішування стічних вод у водотоках. Так, для рівнинних рік коефіцієнт D визначається за формулою М. В. Потапова:

$$D = \frac{V_{cp.} \cdot H_{cp.}}{200}, \quad (6.5)$$

де $V_{cp.}$ – середня швидкість течії на ділянці змішування, м/с;

$H_{cp.}$ – середня глибина ріки на тій же ділянці (між випуском стічних вод і розрахунковим створом пункту водокористування), м;

У загальному вигляді коефіцієнт D може бути знайдений за формулою Маккавєєва:

$$D = \frac{V_{cp.} \cdot H_{cp.} \cdot g}{2mC}, \quad (6.6)$$

де g – прискорення вільного падіння, яке дорівнює $9,81 \text{ м/с}^2$;
 m – коефіцієнт Буссинського;
 C – коефіцієнт Шезі.

Величина m є функція коефіцієнта Шезі (C) і для межі $10 \leq C \leq 60$ вона визначається рівнянням:

$$m = 0,7C + 6 \quad \text{при } C > 60, m = \text{const} = 48. \quad (6.7)$$

Зі свого боку коефіцієнт Шезі визначають за формулами, наведеними нижче. Якщо у гідрологічному довіднику є відомості про середню швидкість течії, глибину та схил водної поверхні потрібної річки, то коефіцієнт Шезі розраховують за формулою:

$$C = \frac{V_{CP}}{H_{CP} i}, \quad (6.8)$$

де i – схил водної поверхні.

У разі, коли відомий коефіцієнт шорсткості (n) русла ріки (табл. 6.1), то можливо вичислити коефіцієнт Шезі за формулою:

$$C = \frac{1}{n} \sqrt[6]{H_{CP}}. \quad (6.9)$$

В окремих випадках коефіцієнт турбулентної дифузії для водотоків любого походження знаходять за формулою:

$$D = \frac{V_{cp.} \cdot H_{cp.}}{37C^2}. \quad (6.10)$$

Існують й інші формули, номограми для розрахунку коефіцієнта турбулентної дифузії, гідравлічного коефіцієнта α але результати обчислень за цими формулами не співпадають між собою. Найбільш прийнятні для практичних аналітичних розрахунків це формули – 6.5 і 6.6.

При розрахунках коефіцієнта змішування стічних вод із водою протікаючих водойм для зимових умов аналітичні розрахунки ускладнюються у зв'язку з необхідністю натурних досліджень для визначення складових коефіцієнта турбулентної дифузії, зокрема гідравлічного радіусу русла річки замість H_{cp} , коефіцієнтів Шезі й шорсткості.

Зі свого боку, коефіцієнт шорсткості також може істотно впливати на розрахунок коефіцієнта Шезі, що потребує знань гідрологічних характеристик ріки та вміння їх правильно визначити за даними таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Коефіцієнт шорсткості (n) для відкритих русел

Характеристика русла	Коеф. n	$\frac{1}{n}$
Природне русло (чисте, пряме, не засмічене, земляне, з вільною течією)	0,025	40
Русла постійних водотоків рівнинного типу, переважно великих і середніх річок зі сприятливими умовами стану ложа і течії води	0,03	33,8
Відносно чисті русла постійних рівнинних водотоків у звичних умовах, звивисті, з певними змінами напрямку струменів, або прямі зі змінним рельєфом дна (мілинами, місцями каменистим)	0,04	25
Русла великих і середніх річок сильно засмічені та звивисті, частково каменисті, з неспокійною течією. Періодичні водотоки (зливові, паводкові) із ложем, покритим рослинністю або крупною галькою. Пойми великих і середніх річок покритих рослинністю (травою, чагарником)	0,05	20
Русла періодичних водотоків, дуже засмічені, звивисті. Порівняно зарослі, нерівні заплави річок. Галько-валунні русла гірського типу з неправильною поверхнею водного дзеркала. Порожисті ділянки рівнинних річок	0,067	15
Русла зі слабкою течією та заплави, які дуже зарослі. Валунні гірського типу з неправильною поверхнею водного дзеркала (з бризками води, які летять угору)	0,08	12,5
Русла гірсько-водоспадного типу з крупно-валунною звивистою побудовою ложа, яскраво вираженими перепадами з дуже великою звивистою. Заплави значно зарослі кущами	0,1	10
Русла болотного типу (у багатьох місцях стояча вода). Заплави з дуже великими мертвими просторами й місцевими заглибленнями (озерами)	0,133	7,5

У процесі розбавлення стічних вод у річках важливу роль відіграють складники внутрішньої циркуляції в потоці, які інтенсифікують процес змішування й тому враховуються діючими методиками оцінки характеристики потоку.

Отже, кратність розбавлення (**n**) є універсальною характеристикою, яка показує, у скільки разів може знизитись концентрація забруднюючих речовин стічних вод у суміші річної та стічної вод на ділянці від місця скиду до контрольного створу та води водойми. Уважається, що процес самоочищення водного об'єкта може відбуватись при кратності розбавлення стічних вод чистою річною водою – **n = 7 – 12**.

Прогноз якості води водойм виконується на основі визначення умов скиду стічних вод з використанням показника кратності розбавлення Для стоків до створу повного змішування, яку можливо визначити за формулою:

$$L_{nz} = \left[\frac{2,3}{\alpha} \cdot \lg \frac{\gamma \cdot Q + q_{ck}}{(1-\gamma) \cdot q_{ck}} \right]^3 \quad (6.11)$$

Із формули (6.11) видно, що у разі, коли $\gamma = 1$, тобто розрахунок має відношення до пункту повного змішування, у знаменнику $1 - \gamma$ перетворюється в нуль – L_{nz} буде дорівнювати безкінечності. Це засвідчує, що теоретично пункт повного змішування буде перебувати на безкінечно великій відстані від місця скиду стічних вод. Тому відстань до контрольного створу L можна вважати відстанню до створу повного змішування, якщо γ перебуває в межах 0,80–0,90, тобто в розбавленні стічних вод буде приймати 80–90 % витрат ріки.

Використовуючи узагальнені результати щодо зв'язку кратності розбавлення стічних вод свіжою річковою водою (n), процесів самоочищення, та критерію повноти змішування (γ), можливо орієнтовно визначити допустимі витрати стічних вод (q), скид яких у кількісному вимірі не погіршить екологічну ситуацію водойми за формулою:

$$q = \frac{\gamma Q}{n - 1}. \quad (6.12)$$

Необхідно мати на увазі, що на кінцевий результат розрахунків впливає правильність використання гідрологічних, гідродинамічних, метеорологічних даних, які можуть значно змінюватись у часі. Зважаючи на це, розглянутий аналітично-розрахунковий метод визначення кратності розбавлення та ступеня змішування не може гарантувати достовірність усіх параметрів, які забезпечують екологічну рівновагу природного вододжерела й використовуються в розрахунках допустимого рівня забруднень водного об'єкта. Але ці розрахунки дозволяють з високою вірогідністю передбачити екологічні наслідки для водного об'єкта при скиді в нього стічних вод. Крім цього, визначений коефіцієнт змішування використовується в розрахунках допустимих показників якості стічних вод і ступеня їх змішування при скиді у водотоки.

6.2 Розрахунково-аналітичні методи прогнозування санітарно-екологічного стану водойм і визначення умов скиду в них стічних вод

Велика різноманітність забруднень, які надходять зі стічними водами у водні об'єкти, розглядається з точки зору можливої небезпеки для здоров'я людини й життєдіяльності водних організмів, потребує прогнозної оцінки якості води та збереження екологічної рівноваги у природних водоймах.

Тому, забезпечення нормативних вимог «Санітарних правил і норм» є головною проблемою всіх водокористувачів. Вирішення цієї проблеми відбувається шляхом розробки аналітичних методів розрахунку допустимого ступеню забруднення водних об'єктів і дотримання розрахункових параметрів на практиці.

Розглянемо методику розрахунку допустимих показників рівня забруднення водних об'єктів при скиді в них стічних вод, які забезпечують

придатність води природних водойм для всіх видів водокористування без обмежень і найчастіше використовуються у проектуванні об'єктів водогосподарського комплексу та санітарно-екологічній експертизі.

До цих показників належать: органолептичні (кольоровість, запах), температура стічних вод, концентрація завислих і токсичних речовин, біологічне споживання кисню органічними речовинами.

Можливість скиду стічних вод у водний об'єкт за органолептичними показниками визначається шляхом порівняння результатів величин кратності розбавлення, які забезпечують усунення несприятливого впливу стічних вод, за результатами лабораторних досліджень і одержаного розрахунком.

Речовин, які погіршують органолептичні властивості води, надзвичайно багато у виробничих стічних водах і для них розроблені ГДК, що дає змогу визначити, з високим рівнем надійності, їхню допустиму концентрацію. Порівнюючи ці результати, приймають рішення на користь необхідності максимального видалення зі стічних вод цих забруднень. Показники запаху й кольоровості нормуються «Санітарними правилами і нормами».

6.2.1 Температура води

Відомо, що вода яка має температуру більше 25 °С не вгамовує спрагу. Підвищення температури природних вододжерел також негативно впливає на біоту водного об'єкта. Відповідно до вимог СанПіН літня температура води в результаті скиду стічних вод не повинна підвищуватись більше ніж на 3 °С в порівнянні з середньомісячною температурою самого жаркого місяця року за останні 10 років. На практиці контроль температури води здійснюють шляхом порівняння результатів заміру температури у контрольному та фоновому створах. Допустима температура стічних вод при надходженні у водний об'єкт визначається за рівнянням балансу розбавлення, який враховує вимоги СанПіН:

$$\gamma \cdot Q \cdot t_{\max} + q \cdot t_{\text{don}} = (\gamma \cdot Q + q) \cdot (t_{\max} + t_n), \text{ звідки } t_{\text{don}} = \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) \cdot t_n + t_{\max} \quad (6.13)$$

де t_{don} – температура стічних вод, при якій у пункті водокористування температура води підвищується не більше, ніж допускається за нормативами;

t_n – нормативне допустиме підвищення температури води у водоймі (не більше ніж на 3°С, $t_n = 3$, додаток Ж);

t_{\max} – максимальна температура води водойми до випуску стічних вод у літній час.

Скид стічних вод, які мають фактичну температуру (t_ϕ) не більше допустимої за розрахунком (t_{don}), тобто ($t_\phi \leq t_{\text{don}}$) може відбуватись без нанесення відчутного збитку екосистемі водного об'єкта.

6.2.2 Завислі речовини

Концентрація завислих речовин після очищення на всіх діючих спорудах, зокрема в очищених водах, які надходять у водний об'єкт, визначається за результатами хіміко-аналітичного контролю. Для визначення умов скиду господарсько-побутових стічних вод за показником завислі речовини доцільно використовувати розрахунково-аналітичні методи відповідно до нормативів кількості забруднення за добу на одного мешканця. Для міських і виробничих стічних вод, у яких завислі речовини характеризуються надзвичайною різноманітністю складу та властивостей, визначення умов скиду виконують за показником допустимої концентрації у відповідності до вимог СПіН. У наслідок скиду стічних вод концентрація завислих речовин у водному об'єкті не повинна збільшитись більше ніж на 0,25 мг/дм³ для першої категорії водокористування, і на 0,75 мг/дм³ для другої категорії водних об'єктів, які використовуються для культурно-побутових потреб населення, рекреації, спорту або знаходяться в межах міста. Слід зауважити, що ця норма СПіН не враховує вихідну концентрацію завислих речовин у річковій воді, що при послідовному розміщенню випусків стічних вод за течією, не виключається можливість зростання забруднення річки.

Нормування не враховує особливості водних об'єктів за кліматичними, ґрунтовими, гідрологічними умовами, але враховує вплив гідравлічної крупності для проточних і непроточних водойм і хімічних солод домішок.

Тому визначити лише концентрацію завислих речовин для характеристики стічних вод, що підлягають скиду у водний об'єкт, недостатньо. Необхідна ще й характеристика грубо дисперсних завислих речовин за їх швидкістю випадіння в осадок.

Для проектування очисних споруд і санітарно-екологічної характеристики водного об'єкту допустимість скиду стічних вод за показником «завислі речовини» визначають із рівняння матеріального балансу:

$$\gamma \cdot Q \cdot C_p + q \cdot C_{don} = (\gamma \cdot Q + q) \cdot (C_p + C_n), \text{ звідки } C_{don} = C_n \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_p, \quad (6.14)$$

де C_{don} – допустима максимальна концентрація завислих речовин у стічних водах при якій умови скиду їх у водойму будуть відповідати нормативним вимогам;

C_p – концентрація завислих речовин у воді водойми до скиду стічних вод (концентрація у фоновому створі);

C_n – нормативне збільшення концентрації завислих речовин у водному об'єкті після скиду стічних вод (0,25 або 0,75 мг/л) залежно від виду та категорії водокористування.

Якщо в результаті розрахунку, максимальна допустима концентрація завислих речовин буде менше фактичної концентрації у стічних водах, то їх скид не допускається.

Необхідно в цьому разі розглянути можливі варіанти зменшення концентрації завислих речовин у стічних водах і забезпечити виконання умов СПіН. Вирішити цю проблему можливо як на рівні промислових підприємств, так і на очисних спорудах міської системи водовідведення.

6.2.3 Органічні речовини які визначаються показником БСК

Біологічне споживання кисню (далі – БСК) характеризує концентрацію органічних забруднень, які піддаються біологічному окисленню. Для визначення гранично-допустимого скиду органічних речовин, які визначаються показником БСК і забезпечення необхідного кисневого режиму водних об'єктів необхідно всі розрахунки виконувати на БСК_п. Санітарними правилами та нормами відповідно до виду й категорії водних об'єктів допускається скид стічних вод якщо в наслідок цього у водоймі БСК_п при 20 °С не буде перевищувати 3 мг/дм³ і 6 мг/дм³ відповідно для першої і другої категорії водойм (див. дод. Ж). В цьому випадку буде збережений кисневий режим водного об'єкта і концентрація розчиненого у воді кисню складе не менше 4 мг/дм³.

При розрахунках умов допустимого скиду стічних вод за показником БСК_п необхідно враховувати ступінь розбавлення і біохімічного самоочищення води водойми від органічних забруднень на шляху переміщення суміші стічних і природних вод до ближнього пункту водокористування.

Процеси біохімічної мінералізації органічних забруднень у річній і стічних водах підкоряються закономірностям:

$$\text{– для річкової води } C_p^t = C_p \cdot 10^{-K_1 t} \quad (6.15)$$

$$\text{– для стічних вод } C_{cv}^t = C_{cv} \cdot 10^{-K_2 t} \quad (6.16)$$

де C_p^t і C_{cv}^t – БСК_п відповідно річкової та стічної води, яке з часом буде зменшуватись унаслідок біохімічного процесу мінералізації від початкового значення на відстані від місця випуску до контрольного створу;

C_p і C_{cv} – БСК_п відповідно річкової та стічної води у місці випуску стічних вод у водойму;

t – проміжок часу, за який стічні води перемістились течією до ближнього пункту водокористування;

K_1 і K_2 – константи споживання кисню, відповідно, річковою та стічною водою.

Константи споживання кисню органічними речовинами річкової та стічної вод можуть бути неоднаковими, але значення C_p^t і C_{cv}^t повинні відповідати значенню БСК_п у воді контрольного створу. В цих умовах рівняння балансу для органічних речовин у показниках БСК буде виглядати:

$$\gamma \cdot Q \cdot C_p + C_{don} \cdot q = (\gamma \cdot Q + q) \cdot C_{sum} \quad (6.17)$$

де C_{sum} – сумарне значення БСК суміші стічних вод і тієї частини води водойми, у якій розбавлені стічні води.

Але значення $C_{\text{сум.}}$ у контрольному створі повинно відповідати нормативному значенню C_H , тобто 3 або 6 мг/дм³.

Тоді з урахуванням рівнянь 6.15 і 6.16 допустима концентрація органічних речовин, які визначаються показником БСК знаходять за формулою:

$$C_{\text{дон.}} = \frac{10}{q10^{-K_2t}} (C_H - C_P 10^{-K_1t}) + \frac{C_H}{10^{-K_2t}}. \quad (6.18)$$

При скиді господарсько-побутових стічних вод константи споживання кисню можна прийняти однаковими ($K_1 = K_2 = 0,1$) без великої похибки в розрахунках.

Час переміщення води від місця скиду стічних вод до контрольного створу знаходять за формулою:

$$t = \frac{L}{V}, \quad (6.19)$$

де L – відстань по осі потоку до контрольного створу від місця скиду стічних вод у річку, м;

V – середня швидкість течії, м/с.

Отже, відповідно до процесів самоочищення води у водному об'єкті знаходять допустиму концентрацію органічних речовин за показником БСК_п, яку потрібно досягнути в процесі очистки стічних вод перед скидом їх у водний об'єкт.

Якщо значення $C_{\text{дон}}$ буде перевищувати фактичне значення БСК стічних вод, які скидаються у водойму, то біологічного очищення стічні води не потребують. Якщо розрахункове значення буде менше фактичного значення БСК стічних вод, то біологічне очищення перед скидом у водний об'єкт є обов'язкове до отримання розрахункового значення $C_{\text{дон}}$.

Зважаючи на високий рівень забрудненості водних об'єктів консервативними речовинами, низьку ефективність біохімічних процесів у зв'язку з присутністю у поверхневих водах високотоксичних речовин антропогенного походження, діючі споруди, навіть повної біологічної очистки, не можуть забезпечити якість стічних вод, яка відповідає нормативним показникам БСК_п (3 і 6 мг/дм³) при скиді у водний об'єкт. Проектні можливості споруд забезпечують в очищених водах залишкову концентрацію органічних забруднень за показником БСК_п в межах 15–20 мг/дм³. Провідні в цих умовах гідрологічні й гідродинамічні фактори, при порівняно неефективній дії хімічних і біохімічних процесів самоочищення, не забезпечують нормативної якості води природних вододжерел, у які надходять навіть очищені стічні води. Тому для досягнення нормативних показників необхідно передбачати у складі технологічної схеми очистки міських стічних вод споруди доочистки.

Незважаючи на допустимість скиду стічних вод у водний об'єкт за показником $C_{\text{дон}}$, необхідно пересвідчитись, що розчиненого у воді кисню буде достатньо для забезпечення біохімічного процесу самоочищення. Санітарними правилами й нормами передбачається, що мінімальна концентрація розчиненого кисню у водному об'єкті після скиду стічних вод і їх переміщення

до контрольного створу повинна становити 4 мг/дм³ і більше, залежно від виду водокористування. Науково обґрунтовано, що максимальне споживання розчиненого у воді водойм кисню стічними водами відбувається протягом перших двох діб після скиду. Якщо через дві доби концентрація розчиненого кисню не знизиться нижче 4 мг/дм³, то і в подальшому погіршення кисневого режиму водойми не відбудеться.

Ці міркування покладені в основу розробки рівняння для розрахунку забезпеченості розчинним киснем водного об'єкта при скиді стічних вод, що містять органічні забруднення.

$$\gamma \cdot Q \cdot O_p - (\gamma \cdot Q \cdot C_p + q \cdot C_{don}) \cdot 0,4 = (\gamma \cdot Q + q)4, \quad (6.20)$$

де γQ – розрахункові витрати води ріки, які приймають участь у змішуванні;

O_p – концентрація кисню в річковій воді до місця скиду стічних вод, мг/дм³;

q – витрати стічних вод, які намічаються до скиду;

C_p і C_{don} – повна біохімічна потреба в кисні, відповідно, річкової та стічної вод, мг/дм³;

0,4 – коефіцієнт для перерахунку повного споживання кисню (за лабораторними дослідженнями) у дводобове;

4 – найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна залишитись у воді водойми на ділянці нижче скиду стічних вод.

Після математичних перетворень рівняння (6.20) виглядає так:

$$C_{don} = \frac{2,5 \cdot \gamma \cdot Q}{q} (O_p - 0,4 \cdot C_p - 4) - 10. \quad (6.21)$$

Якщо фактична концентрація органічних забруднень у стічних водах, які передбачаються до скиду, буде вищою, ніж розрахункове значення C_{don} , то такі води повинні очищатись до величини концентрації знайденої розрахунком.

Надійність розрахунків величини дефіциту кисню внаслідок мінералізації органічних речовин істотно залежить від знань гідрологічних особливостей водного об'єкта, які неможливо відтворити у лабораторних умовах. Тому для практичних цілей константи реаерації та швидкості споживання кисню необхідно вибирати з великою обережністю для відтворення реальних умов швидкості насичення річної води киснем. Дефіцит кисню (D_t) в критичній точці (див. рис. 2.1) знаходять за формулою:

$$D_t = \frac{k_1 \cdot L_p^{cm}}{k_2 - k_1} (10^{-k_1 \cdot t_{kp}} - 10^{-k_2 \cdot t_{kp}}) + D_0 \cdot 10^{-k_2 \cdot t_{kp}}. \quad (6.22)$$

Тривалість часу t_{kp} , діб, протягом якого буде спостерігатись мінімальна концентрація розчиненого кисню у водному об'єкті знаходять за формулою:

$$t_{kp} = \frac{\lg \left[\frac{k_2}{k_1} \left(1 - \frac{D_0 (k_2 - k_1)}{k_1 \cdot L_p^{cm}} \right) \right]}{k_2 - k_1}, \quad (6.22)$$

$$\text{де} \quad L_p^{cm} = \frac{L_n}{10^{-k_1 \cdot t}} \quad (6.23)$$

У формулах 6.22, 6.23 прийняті наступні позначення:

k_1 – константа швидкості споживання кисню стічними водами при певній температурі;

k_2 – константа реаерації, яка залежить від швидкості течії та температури, приймає значення відповідно до гідрологічного режиму водного об'єкта.

Для водосховищ та слабо проточних водойм k_2 перебуває в межах – 0,05–0,15; для річок із невеликою швидкістю течії ($>0,5$ м/с) – 0,2–0,25; для річок з більшою швидкістю течії – 0,3–0,8; для малих річок – 0,5–0,8.

Коефіцієнти k_1 і k_2 неоднаково залежать від температури води. Зниження температури води забезпечує уповільнення швидкості споживання кисню органічними домішками, а процес реаерації буде відбуватись більш прискорено. Тому кисневий режим водойм частіше підлягає порушенню при більш високих температурах і потребує необхідності обмеження скиду стічних вод у водні об'єкти.

D_0 – початковий дефіцит кисню у водному об'єкті до скиду стічних вод (визначають за рівнянням – $D_0 = O_m - O_\phi$, де O_m і O_ϕ відповідно теоретична й фактична концентрація кисню повітря розчиненого у чистій воді й фоновому створі річної води).

L_n – нормативний показник значень БСК_п річкової води за вимогами правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами (див. дод. Ж).

L_p^{cm} – БСК суміші річкової та стічної вод у місці скиду й початку їх змішування.

Розглянуті вище теоретичні основи забезпечення водних об'єктів розчиненим киснем, та визначення допустимої концентрації забруднень, які визначаються показником БСК, у разі скиду у них стічних вод не дають повного уявлення про вплив інших факторів, зокрема наявності токсичних речовин.

6.2.4 Шкідливі (токсичні) речовини

Шкідливі (токсичні) речовини – хімічні речовини з токсичними властивостями які надходять на міські очисні споруди й водні об'єкти переважно з виробничими стічними водами. Умови відведення їх у систему водовідведення міст установлюються органами комунального господарства. Надходження хімічних речовин у водні об'єкти регламентується Санітарними правилами та нормами на основі гранично допустимих концентрацій (далі – ГДК) або орієнтовно допустимих рівнів (далі – ОДР).

Рівень безпеки хімічних сполук для живих організмів визначається за токсичністю, кумулятивністю, здатністю причинити віддалені ефекти (патологію, хронічні захворювання тощо). Класифікація за ступенем безпеки розглянута нами раніше.

Вплив шкідливих хімічних забруднень на органолептичні властивості води надзвичайно великий і тому визначення порогових концентрацій також є важливим для можливого обмеження, або заборони використання водного об'єкта для культурно-побутових і господарчих чи інших потреб. Органолептична ознака шкідливості хімічних речовин, як загально санітарна й санітарно-токсикологічна для визначення ГДК, належить до лімітованих показників. Недолік органолептичних ознак шкідливості нами був розглянутий у розділі 3.

Вирішення практичних задач охорони водних об'єктів від забруднення хімічними речовинами антропогенного походження базується на рівнянні:

$$\gamma \cdot Q \cdot C_p + q \cdot C_{дон} = (\gamma \cdot Q + q) C_n,$$

звідки
$$C_{дон} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_n - C_p) + C_n = (n-1) \cdot (C_n - C_p) + C_n, \quad (6.24)$$

де C_p – концентрація хімічної речовини у річковій воді до місця скиду стічних вод;

$C_{дон}$ – допустима концентрація хімічної речовини цього самого виду у стічних водах, які підлягають скиду в річку;

C_n – нормативне значення концентрації хімічної речовини за одним із лімітованих ознак шкідливості (ГДК).

Із формули (6.24) видно, що спуск стічних вод не допускається якщо річкова вода вже забруднена до місця скиду ($C_p > C_n$), та у разі, коли $n = 1$ (рівняння прийме наступний вигляд – $C_{дон} = C_n$). Це означає, що нормативні вимоги повинні відноситись не до води водойми, а до стічних вод, які підлягають скиду.

Розглянемо поширені в реальному житті варіанти розрахункових методів визначення умов скиду стічних вод у водні об'єкти з урахуванням ГДК хімічних шкідливих речовин, як показника за яким оцінюється санітарне благополуччя водойми в найгірших гідрологічних і гідродинамічних умовах (для забезпечення високої надійності результатів розрахунку).

До таких варіантів необхідно віднести випадок, коли в загальному стоку є велика кількість забруднень однієї групи за лімітованою ознакою шкідливості, але з різними величинами ГДК і концентраціями хімічних речовин.

Розглянемо перший випадок. За формулою (6.24) визначаємо граничні рівні концентрації в стічних водах кожного із забруднень окремо. Усі речовини одночасно надійдуть у воду першого пункту водокористування де утворяться умови комбінованої дії декількох речовин з однаковою лімітованою ознакою шкідливості.

Вплив комбінованої дії забруднень визначають за рівнянням:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (6.25)$$

де C_1, C_2, C_i – концентрації хімічних забруднень, визначених за формулою (6.24);

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_I$ – гранично допустимі концентрації хімічних речовин з концентраціями, відповідно, C_1, C_2, C_i .

Якщо сума відношень концентрацій усіх речовин однієї лімітованої ознаки до своїх ГДК буде більше 1, то необхідно розглянути способи зменшення концентрацій кожного із забруднень. При цьому насамперед потрібно зменшити концентрацію тих забруднень, для яких відпрацьовані найпростіші доступні способи знезаражування.

Можливо також визначити концентрацію кожної речовини ($C_{iоч}$), яку очікують у першому пункті водокористування за формулою:

$$C_{iоч} = \frac{q \cdot C_{icв} + \gamma \cdot Q \cdot C_{ip}}{q + \gamma \cdot Q}, \quad (6.26)$$

де $C_{icв}$ і C_{ip} – відповідно концентрації i -го хімічного забруднення у стічних і річковій водах. Потім за формулою (6.25) визначають комбіновану дію забруднень і роблять висновок за аналогією до попередніх міркувань.

Другий варіант знаходження допустимих концентрацій токсичних речовин ($C_{дон}$) у стічних водах при скиді у водойми передбачає необхідність групування речовин за однаковою лімітованою ознакою шкідливості, а потім виконання розрахунків для цих груп за методикою розглянутого вище варіанту.

Розглянуті методи розрахунку носять оціночний характер і можуть використовуватись на стадії техніко-економічного обґрунтування проектних рішень і розробки гранично-допустимих скидів забруднень у систему водовідведення міста.

6.3 Визначення гранично-допустимого скиду шкідливих речовин у систему водовідведення міста

Господарсько-побутові, виробничі й частково поверхневі води направляються на міські споруди біологічної очистки. Ступінь забруднення стічних вод регламентуються нормативно-правовими вимогами з метою забезпечення ефективності очистки на спорудах і охорони водних ресурсів від забруднення. Господарсько-побутові стічні води, що надходять на очисні споруди біологічної очистки, мають стабільний склад і властивості, не становлять загрози для існування адаптованої мікрофлори споруд. Велика різноманітність промислових стічних вод за складом, концентрацією та токсичністю забруднень може впливати на ефективність очистки, летально діяти на мікроорганізми очисних споруд, істотно змінювати якість міських стічних вод.

У виробничих стічних водах міститься значна кількість хімічних сполук, які не вилучаються, частково вилучаються, або повністю мінералізуються мікрофлорою біологічних споруд (див. дод. К, Л, М, Н). Тому для забезпечення

ефективної роботи очисних споруд необхідно знати перелік цих сполук і порівняти їх із переліком хімічних забруднень стічних вод, що надходять до конкретного об'єкта водовідведення.

Концентрацію хімічних сполук з токсичними властивостями визначають на діючих станціях біологічної очистки хіміко-аналітичним аналізом стічних вод. Для проектного скиду виробничого стоку в систему водовідведення роблять розрахунки гранично-допустимого скиду (ГДС) хімічних забруднень з токсичними властивостями. ГДС – це маса речовини в стічних водах, максимально допустима до відведення за одиницю часу з метою забезпечення ефективної роботи очисних споруд.

Розрахунок ГДС для токсичних речовин виконують за умови, що відома допустима концентрація для них при надходженні у водний об'єкт.

Допустиму концентрацію визначають за відомою формулою:

$$C_{mp} = (n-1) \cdot (C_n - C_p) + C_n, \quad (6.27)$$

де C_{mp} – допустима концентрація токсичної речовини в очищених міських стічних водах, мг/л;

C_n – ГДК токсичної речовини у контрольному створі річки відповідного виду водокористування, мг/л;

C_p – фактична концентрація тієї самої речовини у воді водного об'єкта до проектного випуску (фонові концентрація токсичної речовини), мг/л.

Оскільки токсичні речовини знижують ефективність дії мікроорганізмів очисних споруд і навіть припиняють їхню життєдіяльність, необхідно визначити максимально допустиму концентрацію забруднень у суміші виробничих і господарсько-побутових вод, що надходять на міські споруди біологічної очистки за формулою:

$$C_{мсв} = \frac{C_{mp} \cdot 100}{100 - E}, \quad (6.28)$$

де $C_{мсв}$ – концентрація токсичної речовини, що знаходиться у міських стічних водах, мг/л;

E – ефективність очищення токсичної речовини, %.

Ефективність очищення токсичних речовин на спорудах біологічної очистки наведені в додатку М. У разі коли хімічна речовина не видалається на очисних спорудах, тоді повинні виконуватись умови рівняння $C_{мсв} = C_n$. Це означає, що на біологічне очищення можуть направлятись стічні води, у яких концентрація токсичної речовини не повинна перевищувати ГДК для водного об'єкта відповідного виду водокористування. Для цього визначають підприємства у стічних водах яких є ця токсична речовина, і приймають організаційно-технічні рішення на основі діючої нормативно-правової бази зі зменшення концентрації речовини у міських стічних водах до значення концентрацій $C_{mp} = C_n$ (див. дод. Н).

Якщо речовина може знезаражуватись, але її концентрація ($C_{мсв}$) буде перевищувати допустиму концентрацію для біологічних очисних споруд ($C_{бос}$), то необхідно зробити перерахунок $C_{тр.}$, прийнявши $C_{мсв.} = C_{бос}$ за формулою:

$$C_{тр.}^1 = \frac{C_{бос.}(100 - E)}{100}, \quad (6.29)$$

де $C_{тр.}^1$ – допустима концентрація токсичної речовини після перерахунку.

Необхідно пересвідчитись, що $C_{тр.}^1$ не перевищує $C_{тр.}$, і буде забезпечена відповідність якості очищених вод вимогам «Санітарних правил і норм» при скиді у водойму. Якщо $C_{тр.}^1 > C_{тр.}$, то виробничі стічні води повинні очищатись до забезпечення рівності $C_{мсв.} = C_n$.

Потім виконують розрахунок допустимої концентрації токсичної речовини у сумарній витраті виробничих стічних вод $C_{всв}$ за формулою:

$$C_{всв} = \frac{Q}{\sum q} (C_{мсв} - C_{г.поб.}) + C_{г.поб.}, \quad (6.30)$$

де Q – сумарна витрата господарсько-побутових і виробничих стічних вод, у яких дана токсична речовина відсутня;

$\sum q$ – сумарна витрата виробничих стічних вод, що містять дану токсичну речовину;

$C_{г.поб.}$ – концентрація токсичної речовини у господарсько-побутових стічних водах, мг/л (див. дод. К, М).

Отримане значення для даної токсичної речовини є нормативною величиною для всього басейну каналізування і використовується для розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) токсичних речовин у систему водовідведення міста підприємствами, у стічних водах яких є ця хімічна сполука, за формулою:

$$\text{ГДС} = C_{всв} \frac{q_i}{24}, \quad (6.31)$$

де ГДС – гранично допустимий скид токсичної речовини в систему водовідведення міста для і-го підприємства, г/год;

q_i – витрата виробничих стічних вод, що містять токсичну речовину,

Величина ГДС токсичних речовин відображається у договорі підприємства з Водоканалом, контролюється її виконання, забезпечується ефективна робота очисних споруд міста й охорона водних об'єктів від забруднення.

7 ГОЛОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ І ОБ'ЄДНАНЬ У СИСТЕМІ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ

7.1 Загальна характеристика водогосподарського комплексу

Водогосподарський комплекс далі (ВГК) – складне системно-структурне утворення, яке охоплює водні ресурси, водокористувачів, органи управління й контролю та характеризується певною функціональною, галузевою і територіальною структурою. Структура водогосподарського комплексу України наведена з незначними змінами від оригіналу на рисунку 7.1.



Рисунок 7.1 – Структура водогосподарського комплексу

Головними комплексоутворюючими факторами формування водогосподарського комплексу є рівень водозабезпеченості та необхідність задоволення потреб у воді населення, промисловості, сільського господарства, гідроенергетики, водного транспорту та інших водокористувачів

ВГК всіх рівнів розвивається як міжгалузева структура, що забезпечує інтеграцію водокористувачів із метою раціонального, комплексного використання водних ресурсів.

У масштабах країни функціонує єдиний водогосподарський комплекс, а в окремих її регіонах – регіональні водогосподарські комплекси (далі – РВГК),

які є невід’ємним складником єдиного народногосподарського комплексу держави.

РВГК мають власну сировинну базу, водні ресурси, технології очищення води для господарсько-побутових і технічних потреб, різних за виробничим процесом водокористувачів. Функціонування та розвиток РВГК повинні базуватись на інтересах єдиного ВГК країни, кількісних і якісних характеристиках водних ресурсів, необхідності їх раціонального й комплексного використання, охорони та відтворення, становити територіальну частину та невід’ємний складник народногосподарського комплексу.

При комплексному вирішенні проблем використання й охорони водних ресурсів може досягатись високий рівень інтеграції підприємств різних галузей і високі соціальні стандарти для населення міст у процесі екологічної реконструкції природних комплексів на урбанізованій території. Саме такий підхід забезпечує сталий розвиток міст на основі збалансованого вирішення соціально-економічних задач збереження благотворного середовища та природно-ресурсного потенціалу. У цих умовах є актуальним забезпечення випереджального розвитку водогосподарського комплексу.

Свого часу ВГК України формувався як структурна частина продуктивних сил СРСР в системі районних територіальних виробничих комплексів, які становили собою ефективне сполучення окремих виробництв. Основою таких комплексів були промислові вузли у яких об’єднувались на взаємопов’язаних умовах і факторах підприємства різних галузей промисловості. Дозвіл на розміщення певних підприємств в районному плануванні повинен видаватись при умові оптимального співпадіння й урахування відповідних факторів у діючих територіально виробничих комплексах. Тому промисловий вузол формувався з урахуванням чисельності трудового населення, розміру території, профільності підприємств, розміру санітарно-захисних зон, рівня впливу на навколишнє середовище й факторів які в узагальненому вигляді подані в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Головні комплекс утворюючі фактори для розміщення промислових підприємств у системі територіально-промислових комплексів

Групи факторів	Фактори
1	2
Близькість до джерел сировини, палива, енергії, водних ресурсів	Сировинні, паливні, енергетичні, водні ресурси, райони використання готової продукції
Трудові ресурси	Вільні трудові ресурси жіночої та чоловічої робочої сили, зокрема кваліфікованої
Планувальні й інженерно-будівничі, умови розміщення промислових підприємств	Територіальні ресурси, розміщення відносно водойм, річок, водосховищ, зон затоплення, боліт, лісів, корисних копалин, умови водопостачання, водовідведення й очищення вод

Продовження таблиці 7.1

1	2
Умови й рівень підготовки інфраструктури, які обслуговують територіально-промислові комплекси	Транспортні, енергетичні умови, наявність діючих систем водопостачання та водовідведення, вільних будівельних потужностей, синхронність впровадження в дію різних об'єктів, зокрема соціальної інфраструктури, продовольчої бази, науково-технічного обслуговування
Умови кооперування промислових підприємств і комбінування технологічних процесів	Кооперація, комбінування, організація єдиного енергетичного, ремонтно-допоміжного й водного господарств, кооперування на науково-технічній основі з питань раціонального використання природних ресурсів і охорони навколишнього природного середовища

Основні фактори, які наведені в таблиці 7.1, є також дієві в умовах ринкової економіки і повинні враховуватись на всіх етапах формування сталого розвитку міст і народногосподарського комплексу країни. ВГК є об'єднувальною структурою для всіх різновидностей водокористувачів. Розвиток систем водопостачання та водовідведення може істотно впливати на вибір складу й кількості учасників ВГК, поєднувати природний, економічний і технічний фактори в процесі формування комплексів різного рівня.

В умовах ринкової економіки й відсутності централізованого галузевого планування необхідно розвивати функціональні підходи щодо розміщення окремих виробничих потужностей або промислових вузлів на основі єдиного народногосподарського комплексу та його складника ВГК.

З метою конкретизації завдань, які необхідно виконувати фахівцям із питань організації водного господарства промислових підприємств і об'єднань у системі ВГК, розглянемо головні принципи формування систем водопостачання й водовідведення промислових підприємств, за умови раціонального використання й охорони водних ресурсів.

7.2. Системи загального водокористування на промислових підприємствах

Основою проектування, будівництва й експлуатації сучасного промислового водопостачання є науково обгрунтоване раціональне й комплексне використання водних ресурсів, розробка сучасних систем і технологічних схем водопостачання, які забезпечують охорону водних джерел від виснаження та забруднення, гарантують мінімальний екологічний збиток навколишньому природному середовищу.

Оцінку раціональності використання води на діючому або проектуємому підприємстві виконують за результатами порівняння надходження та витрат води в системах водопостачання. Співвідношення між прибутком і витратою води на підприємстві називається водним балансом. Водний баланс розраховується для річкового басейну, певної території, окремих ділянок або всього водогосподарського комплексу та інших утворень.

З огляду на ці передумови, підвищення ефективності функціонування систем водного господарства окремих підприємств, промислових вузлів і забезпечення екологічної безпеки може відбуватись у разі виконання таких основних завдань:

- впровадження безводних і маловодних технологічних схем виробництва;
- здійснення заміни водяного охолодження повітряним і випарним;
- широке використання зворотних і замкнутих систем водопостачання з відповідною системою водопідготовки;
- повторне використання очищених виробничих і міських стічних вод;
- нормування відпускання води для технічних і господарсько-побутових потреб підприємств;
- регулювання режимів промислового водоспоживання в часі;
- підвищення надійності й довговічності систем водного господарства;
- реконструкція діючих систем із метою підвищення ефективності і екологічної безпеки їх роботи, економії енергетичних і природних ресурсів;
- зниження суми інвестицій на стадії проектування, будівництва й експлуатації.

Повнота реалізації цих задач залежить від природних, економічних, соціальних умов і ступеня інтеграції промислових підприємств за принципом використання води на виробничі потреби.

На промислових підприємствах відповідно до прийнятої схеми подачі води на різні потреби розрізняють системи загального водокористування: роздільну, об'єднану та комбіновану. Вибір тієї чи іншої системи робиться відповідно до техніко-економічного порівняння варіантів, необхідних напорів, якості води й місцевих умов.

Роздільною системою водопостачання передбачається забезпечення водокористувачів (господарсько-питних, виробничих і протипожежних) водою своїми самостійними (не зв'язаними між собою) водопроводами. Такі системи використовуються у разі незначних витрат господарсько-питної води й вододжерела малої потужності, потреби у високих напорах для системи пожежогашіння та не високих вимог до якості технічної води.

Об'єднаною системою водопостачання передбачається подача води на потреби всіх категорій водокористувачів із одного об'єднаного водопроводу. Система використовується з умов невеликих витрат води на виробничі потреби, відсутності специфічних вимог до напорів і якості води всіх водокористувачів.

Комбінованою системою водокористування передбачається три варіанти:

1. Технічний водопровід об'єднують із господарсько-питним, а протипожежний влаштовують окремо.

2. Технічний водопровід об'єднують із протипожежним, а господарсько-питний влаштовують окремо.

3. Господарсько-питний водопровід об'єднують з протипожежним, а технічне водопостачання забезпечується окремими водопроводами.

Система водопостачання за другим варіантом використовується у разі обмежених ресурсів господарсько-питної води, різних вимог до якості технічної води порівняно з водою питної якості, єдиних вимог до величини напорів технічного та протипожежного водопроводів, можливості врахувати специфіку технології виробництва водою однієї якості.

Система за третім варіантом найбільш поширена і використовується у випадках:

- великих витрат технічної води;
- обмежених ресурсів або високої вартості господарсько-питної води;
- істотна різниця у вимогах щодо напорів у мережі виробничого водопроводу в порівнянні з господарсько-питним і протипожежним;
- небезпека підвищення напорів у технічних водопроводах при пожезі;
- необхідність районування системи технічного водопроводу, коли для певних зон або підприємств потрібно створювати окремі водопроводи через відмінностей вимог до напорів у мережі чи якості води.

На промислових підприємствах використовують прямоточні, повторно-послідовні, оборотні або замкнені системи водопостачання з охолодженням, очищенням, з охолодженням і очищенням води.

На одному підприємстві можуть використовуватись одна, дві або всі три системи для окремих виробництв, цехів. Так, низка цехів може мати систему зворотного водопостачання, інші – прямоточні або повторно-послідовні. У цьому разі система водопостачання фактично є комбінованою (змішаною).

Схеми виробничого водокористування зображають зазвичай у вигляді епюр, де витрати води, яка використовується певними споживачами, наводяться цифрами на схемі. Для наочності витрати води подаються у масштабі. Якщо неможливо навести кількісні показники в масштабі, то на схемі їх наводять лише цифрами.

7.2.1 Прямоточна система використання води

Прямоточна система найпростіша в експлуатації, передбачає подачу води із вододжерела станцією на окремі ділянки виробничого комплексу (рис. 7.2). Відпрацьована вода скидається у водний об'єкт без очищення, якщо вона не забруднюється, та з очищенням, якщо вона забруднена, за умови відповідності очищених стічних вод вимогам «Санітарних правил і норм».

Прямоточна система використання води може існувати за умови достатньої потужності вододжерела, яке розташовується на відстані до 1,5–2,0 км від підприємства, невеликій висоті розміщення підприємства над рівнем води водного об'єкта (до 15 м), неможливості використання стічних вод, специфічних вимог до складу та властивостей вододжерела й технології виробництва. Такі системи також не можуть використовуватись у разі

хімічного забруднення відпрацьованої нагрітої води, що потребує попередньої очистки перед скидом у водний об'єкт. Витрати свіжої води при використанні такої схеми складають до 90 %, що негативно впливає на економічні показники підприємства і екологію водного об'єкта.

Зі свого боку на підприємствах діють жорсткі вимоги до складу та властивостей стічних вод для їх безпечного відведення у каналізаційну мережу. Найбільш узагальнені з них наведені у додатку Х.

Зважаючи на високі витрати свіжої води, негативний вплив на економічний стан водних об'єктів, такі системи не рекомендуються для використання правовими й нормативними документами, але вони існують на багатьох діючих підприємствах, тому потребують рекомендації для підвищення ефективності роботи водного господарства.

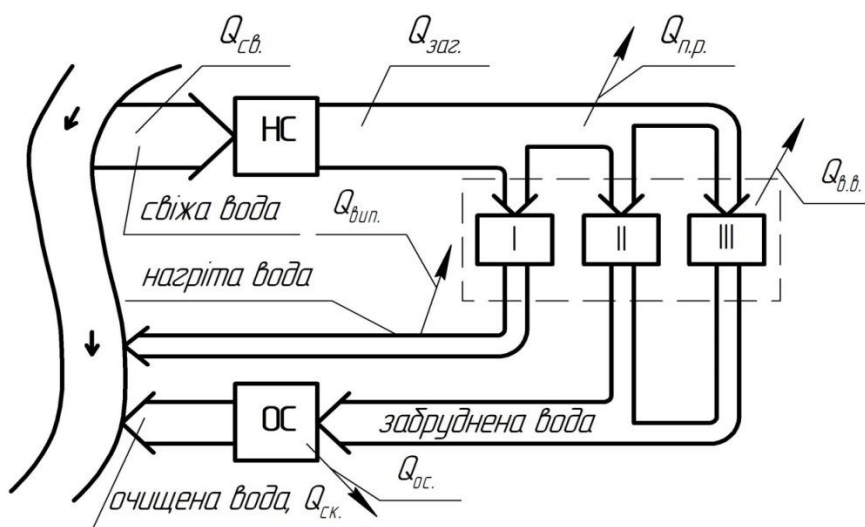


Рисунок 7.2 – Схема проточного використання води:

НС – насосна станція; I, II, III – цехи підприємства; ОС – очисні споруди;
 $Q_{заг.}$ – загальні витрати води на потреби виробництва; Q – витрати води, яка скидається у водний об'єкт; $Q_{п.р.}$ – витрати води в системі подачі і розподілення води на промисловій площадці; $Q_{в.в.}$ – втрати води і без зворотне споживання у виробництві; $Q_{ос}$ – втрати води з осадом на очисних спорудах; $Q_{вип}$ – втрати води випаровуванням

7.2.2 Повторно-послідовна система використання води

Повторно-послідовна система використання води зустрічається часто в технологічних операціях одного або декількох виробничих процесів, одного або декількох цехів підприємства.

Вода із вододжерела спочатку використовується в цехах одного технологічного циклу, а потім відпрацьована (стічна) вода направляється для використання в інший цех, або інше підприємство, яке територіально близько розміщується. При цьому відпрацьована вода може підлягати спеціальній обробці, охолодженню, очищенню, або без всякої попередньої обробки, що більш прийнятне.

Змішана (складна) система передбачає використання води однієї зворотної системи в іншій, або у повторно-послідовній системі.

Зворотні системи відповідно до призначення води у виробництві можуть бути трьох типів: з охолодженням, очищенням, з охолодженням і очищенням оборотної води (змішана система).

Якщо вода є теплоносієм і в процесі використання лише нагрівається й не забруднюється, то в системі зворотного водопостачання цю воду перед повторним використанням для тих самих потреб попередньо охолоджують в охолоджувачах – ставках, бризкальному басейні або на градирні (рис. 7.4).

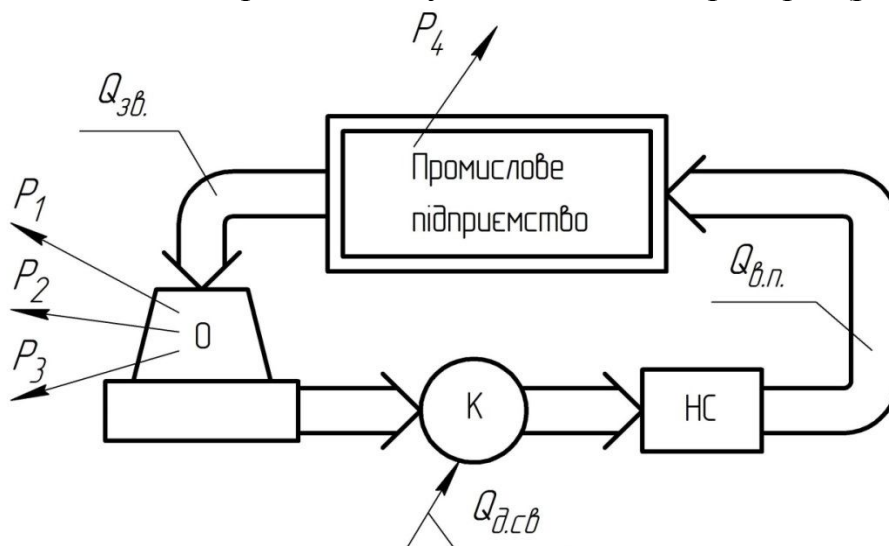


Рисунок 7.4 – Схема оборотного водопостачання з охолодженням:

П – підприємство; О – охолоджувач; К – камера додавання й обробки свіжої води; НС – насосна станція; $Q_{д.с.в.}$ – витрати підживлювальної свіжої води; $Q_{з.в.}$ – витрати зворотної відпрацьованої (нагрітої) води; $Q_{в.п.}$ – витрати води на підприємстві; $P_{в.в.}$ – втрати води у виробництві; P_1 – втрати води на випаровування; P_2 – втрати води з крапельним виносом із охолоджувачів; P_3 – втрати води з продуванням системи; P_4 – безповоротні втрати та споживання у виробництві

Якщо вода є середовищем для транспортування механічних і розчинених домішок, і в процесі використання забруднюється у системі зворотного водопостачання, то ця вода перед повторним використанням підлягає очищенню до установлених нормативів (рис. 7.5).

У разі комплексного використання води, коли вона є теплоносієм і середовищем для транспортування домішок, перед повторним застосуванням очищається від забруднень і охолоджується (рис. 7.6)

На підприємствах певних галузей може переважати водокористування певного типу зворотної системи.

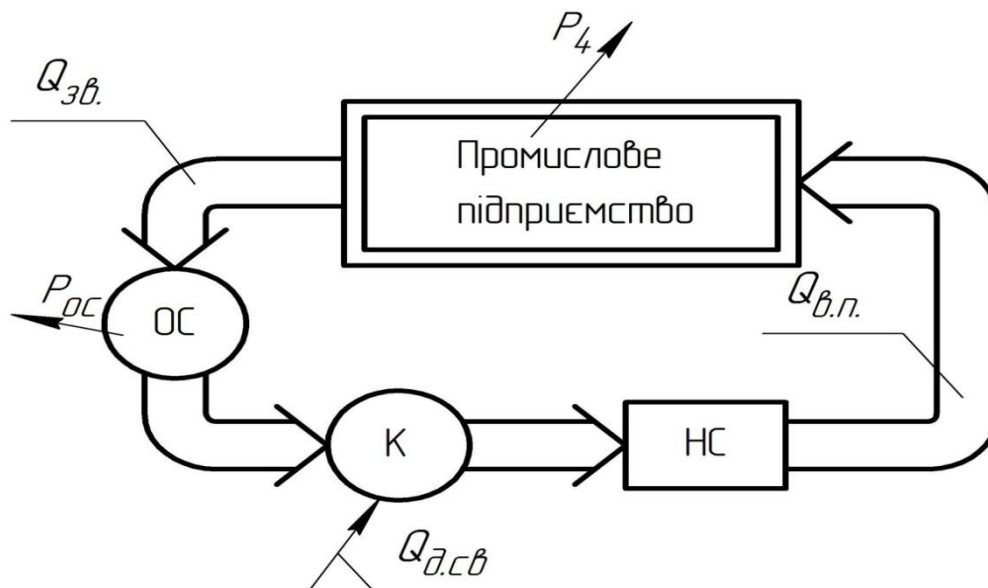


Рисунок 7.5 – Схема зворотного водопостачання з очисткою:
 ОС – очисні споруди; $P_{ос}$ – втрати води з осадом на очисних спорудах;
 інші умовні позначки відповідають позначкам рисунку 7.4

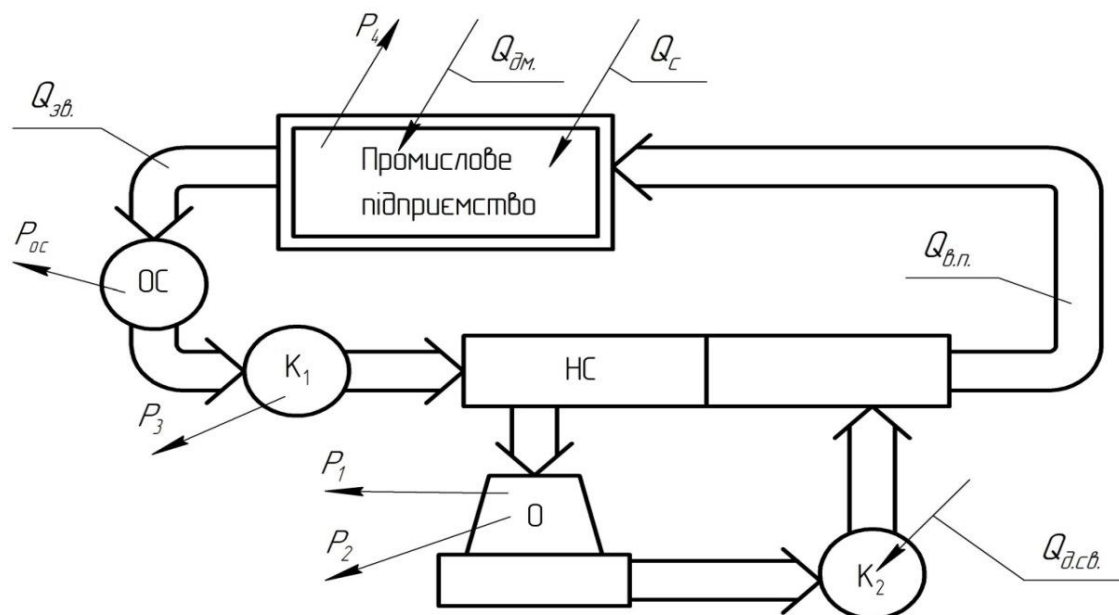


Рисунок 7.6 – Схема зворотного водопостачання з охолодженням і очищенням
 оборотної води

На промислових підприємствах використовуються також замкнуті (безстічні) схеми водокористування, які відносять до змішаної системи водопостачання. Зазвичай у таких безстічних системах застосовують каскадний метод використання води (рис. 7.7).

7.2.4 Каскадне використання води

Використання безстічної системи з каскадним водоспоживанням можливе у разі розподілу водоспоживачів на групи за вимогами до якості води та сприятливому для реалізації водному балансі на підприємстві.

Свіжа вода подається для підживлення зворотних циклів, які обслуговують споживачів із найбільш високими вимогами до якості води за вмістом домішок, стабільності й температури. Це насамперед теплові, повітрорудвні, компресорні, кисневі станції, холодильні установки, трубчаті теплообмінники для охолодження рідких і газоподібних продуктів тощо.

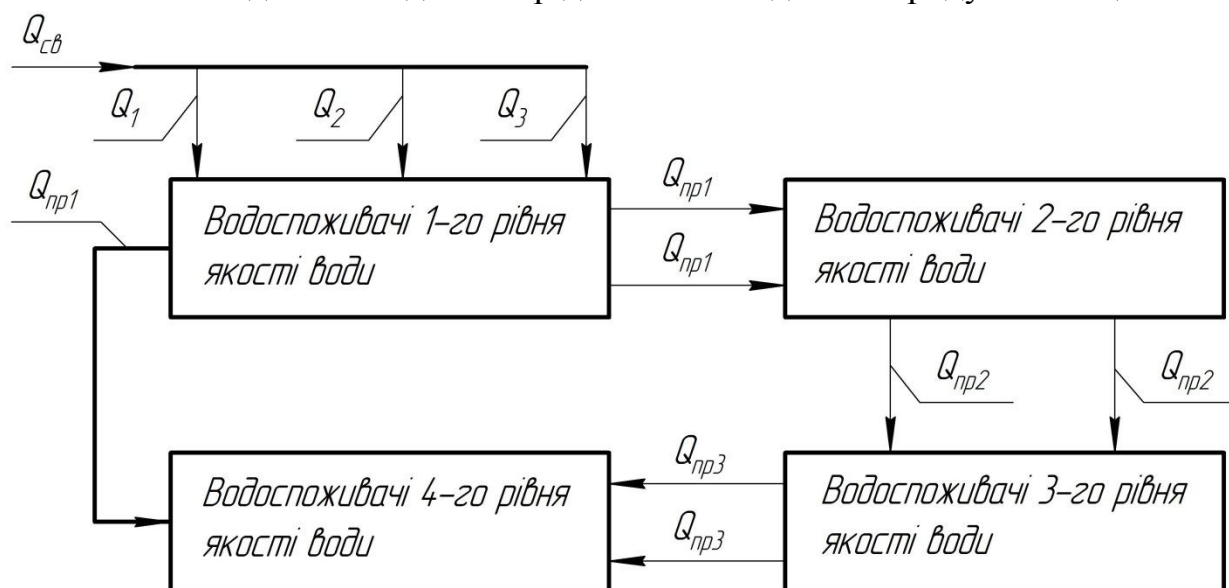


Рисунок 7.7 – Каскадне використання води:

$Q_{св}$ – витрати свіжої технічної води високої якості; $Q_{пр1}$, $Q_{пр2}$, $Q_{пр3}$ – витрати продувних вод зворотних циклів водоспоживачів відповідної категорії

Продувні води цих зворотних циклів використовують для підживлення систем оборотного водопостачання, які обслуговують споживачів із більш низькими вимогами до якості води або таких систем, у яких якість зворотної води визначається технологічними вимогами, а не складом свіжої води – установки для очищення технологічних газів, які відходять, гідравлічне транспортування різних матеріалів і сировини, охолодження металу й устаткування шляхом поливу або занурюваннями, промивання металу після травлення в кислотах.

Продувні води останньої категорії систем зворотного водоспоживання використовуються водоспоживачами безповоротно та якість води не має істотного значення в технології – грануляція шлаку, гідрозоловидалення.

Каскадне використання води забезпечує безстічний режим на виробництві й мінімальне втручання у навколишнє середовище.

Створення замкнених систем виробничого водопостачання забезпечують найбільш раціональне використання й охорону водних ресурсів, базується на таких принципах:

- системи водопостачання та водовідведення підприємства розглядаються як єдина система водного господарства підприємства;
- для водопостачання необхідно використовувати очищені виробничі, міські й поверхневі стічні води, а свіжу воду із вододжерел використовувати переважно для компенсації безповоротних втрат і безповоротного використання у виробництві продукції;
- очищення стічних вод і регенерацію відпрацьованих технологічних розчинів проводити до рівня якості, який забезпечує їх повторне використання на цьому або інших підприємствах;
- для відновлення споживчих властивостей води й технологічних розчинів використовувати регенеративні методи, які забезпечують одночасно вилучення цінних речовин;
- зменшення загального водоспоживання підприємства шляхом заміни водяного охолодження повітряним;
- використання випарного охолодження для агрегатів і конструкцій, які працюють у діапазоні високих температур, з метою зменшення витрат води на охолодження;
- скорочення фактичного використання води в технологічних процесах шляхом повної ліквідації витоку та нераціонального використання води;
- організації науково обґрунтованої системи контролю, обліку, нормування і моніторингу водоспоживання на підприємстві.

Удосконалення водного господарства підприємств із метою забезпечення раціонального використання водних ресурсів відбувається шляхом організації поетапного переходу від прямої схеми використання води до замкненої в межах технологічних процесів, окремих складників (цехів) підприємства, усього підприємства, групи підприємств (промвузлів).

7.3 Основні напрями скорочення споживання води питної якості на технологічні потреби промислових підприємств

Промислові підприємства витрачають воду на охолодження устаткувань і виробів, промивання, миття деталей, вузлів, агрегатів, для гідротранспортування виробів і відходів, на виробництво товарів, у складі яких міститься вода. У загальному об'ємі води, яку використовують на технологічні потреби, до 70 % становить охолоджуюча вода, до 15 % – промивна, до 10 % – входить у склад продукції і майже 5 % транспортувального середовища.

Охолодження може відбуватись у закритих теплообмінних апаратах, де відсутній контакт води з охолоджувальними виробами, продукцією (рекуперативна система охолодження), або в контакті з охолоджувальною водою (регенеративна система охолодження). У першому випадку вода в процесі виробництва майже не змінює своїх властивостей, а тільки нагрівається (теплове забруднення), тому повторно її використовують за схемою зворотного

водопостачання з охолодженням (рис. 7.4). У регенеративних системах вода нагрівається та забруднюється різноманітними розчиненими хімічними речовинами й нерозчиненими механічними домішками. Регенеративне охолодження поширене в електронній промисловості, металургійних, машинобудівних підприємствах. Його використовують у технологічних процесах закалювання деталей, охолодження лиття, грануляції шлаків. У системах зворотного водозабезпечення регенеративного охолодження використовується схема з охолодженням і очищенням зворотної води (рис. 7.6). У рекуперативних і регенеративних системах охолодження використовуються також схеми повторно-послідовного, повторно-оборотного (комбінованого) і оборотного водопостачання. На багатьох підприємствах повторне використання води може бути без попереднього кондиціонування.

Для прикладу розглянемо підприємство, яке складається із трьох цехів, у кожному із яких є водоспоживачі різної якості води. Динаміка поетапного вдосконалення водного господарства зображена на рисунку 7.8.

У системі водопостачання промислового підприємства за прямооточною схемою (рис. 7.8, а) об'єм води, який забирає підприємство із комунального господарсько-питного водопроводу на технологічні потреби дорівнює

загальному водоспоживанню виробництва, тобто:
$$\sum_1^3 Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Якщо в системі водопостачання підприємства є водокористувачі, для яких стічні води першого цеху з витратою Q_1 будуть відповідати вимогам технології виробництва в іншому цеху з витратою Q_2 , то об'єм води, який забирається із господарсько-питного водопроводу буде на Q_2 менше ніж у прямооточній схемі, тобто може бути задіяна повторно-послідовна схема водоспоживання для двох цехів (рис. 7.8, б). Потреба у воді складатиме суму витрат першого та третього цехів без змін, а витрати другого цеху зменшуються до підживлювальних – q_{n2} ,

тобто загальний водовідбір підприємством буде:
$$\sum_1^3 Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_3 + q_{n2}.$$

Якщо в третьому цеху на підприємстві використовується рекуперативна система охолодження (рис. 7.8, в), то потрібно організувати схему зворотного водопостачання з охолодженням, що забезпечить зменшення витрат води цеху з Q_3 до величини витрат q_{n3} , необхідних для підживлення системи, а загальне водоспоживання підприємства становитиме величину:

$$\sum_1^3 Q_{\text{заг}} = Q_1 + q_{n2} + q_{n3}.$$

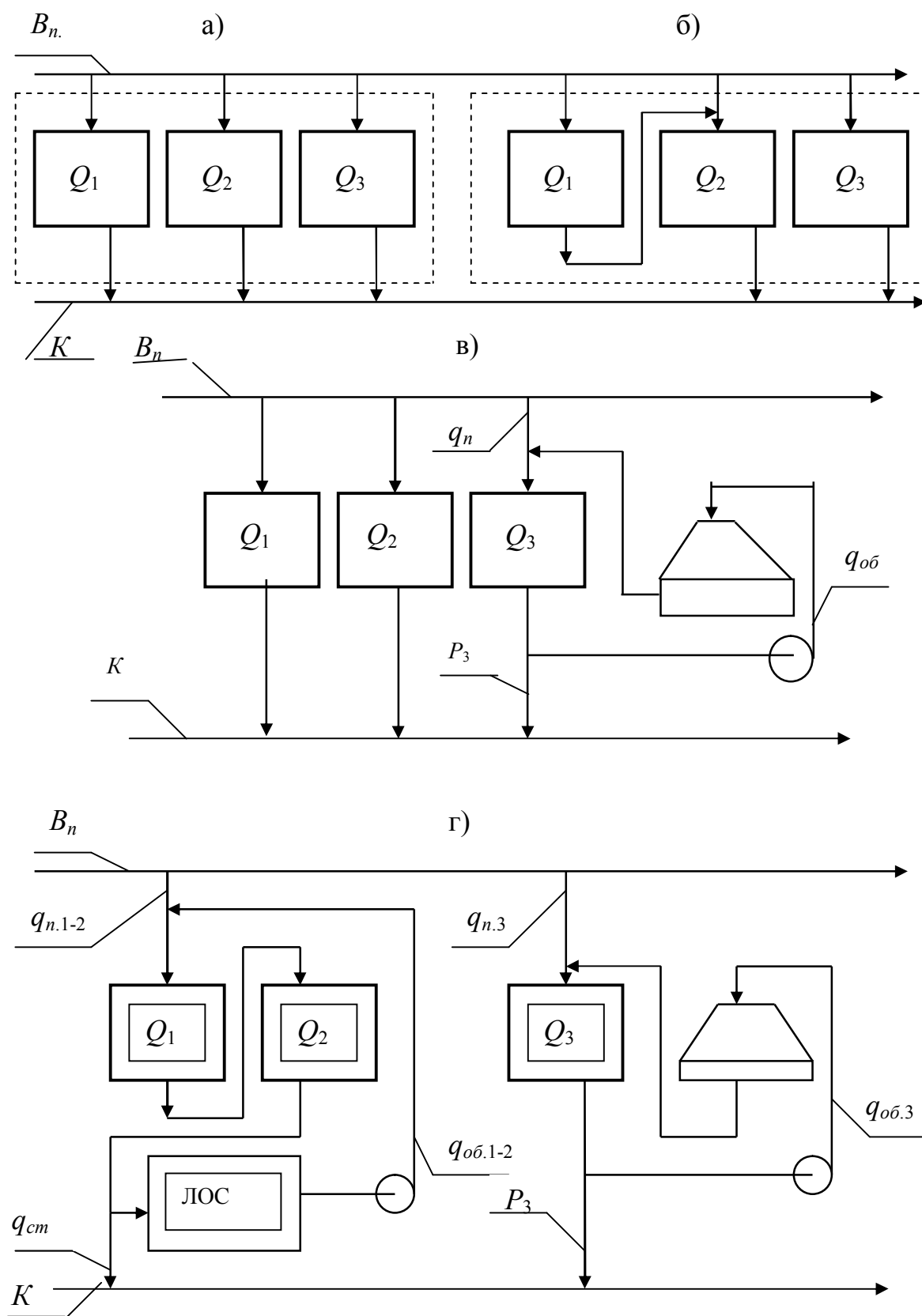


Рисунок 7.8 – Принципіальна схема послідовності удосконалення систем водопостачання підприємств

Подальше вдосконалення систем водного господарства підприємства можливе шляхом впровадження в схемі повторно-послідовного використання води першого та другого цехів з очищенням стічних вод на очисних спорудах, які забезпечують якість води, що відповідає вимогам технологічного процесу цеху № 1 і повторним їх використанням (рис. 7.8, г). Отже, буде реалізована комбінована схема (повторно-оборотна), яка забезпечить подальше скорочення витрат свіжої води із господарсько-питного водопроводу а загальне водоспоживання підприємства $Q_{заг}$ зменшиться до суми двох підживлювальних витрат q_{n1-2} і q_{n3} , тобто:
$$\sum_1^3 Q_{заг} = q_{n1-2} + q_{n3}.$$

За можливості вилучення із технологічного процесу витрат води Q_3 у зв'язку з модернізацією цеху та заміною технологічного устаткування на нове, яке працює на повітряному охолодженні, загальне водоспоживання підприємства складе величину: $Q_{заг} = q_{n1-2}$.

Отже, досягнута значна економія води питної якості на технологічні процеси.

На практиці існуючі підприємства працюють з використанням комбінованих схем водоспоживання, що пов'язано насамперед із великим різноманіттям технологічних операцій і вимог щодо якості води. Тому виникають певні ускладнення під час застосування розглянутої вище послідовності модернізації систем водного господарства промислових підприємств.

На рисунку 7.9 зображена структурна схема водопостачання промислового підприємства, яке у своєму складі має три цехи. Ця принципіальна віртуальна схема наочно демонструє можливості раціонального використання водних ресурсів на підприємствах і реально реалізується у процесі модернізації підприємств і використання інноваційних технологій виробництва.

На схемі в цехах (або окремих виробництвах) використовується вода питної та технічної якості для технологічних потреб і господарсько-побутових цілей працівників. Для технологічних процесів цеху № 1 використовується технічна вода (q_{1-4} , q_{1-3}) і вода питної якості (q_{1-2}) за прямоточними схемами. Цех № 2 забезпечується водою із господарсько-питного водопроводу за прямоточними схемами, а цех № 3 за схемою оборотного водопостачання. Для господарсько-питних потреб працюючих на підприємстві передбачені витрати $q_{сп}$. Після використання води витратою $Q_{г.поб}$ спільно зі стічними виробничими водами надходять в міську мережу водовідведення. Окремо на схемі зображено водопостачання відомчого або комунального житлового фонду жителів міста – ($Q_{ж.ф}$).

У процесі обстеження підприємства представниками водоканалу й підприємства уточнюють якісні параметри води, потрібної для виробництва в технологічних циклах, дані про джерела покриття витрат води відповідної якості, ефективність роботи очисних споруд, втрати води із систем водопостачання та водовідведення.

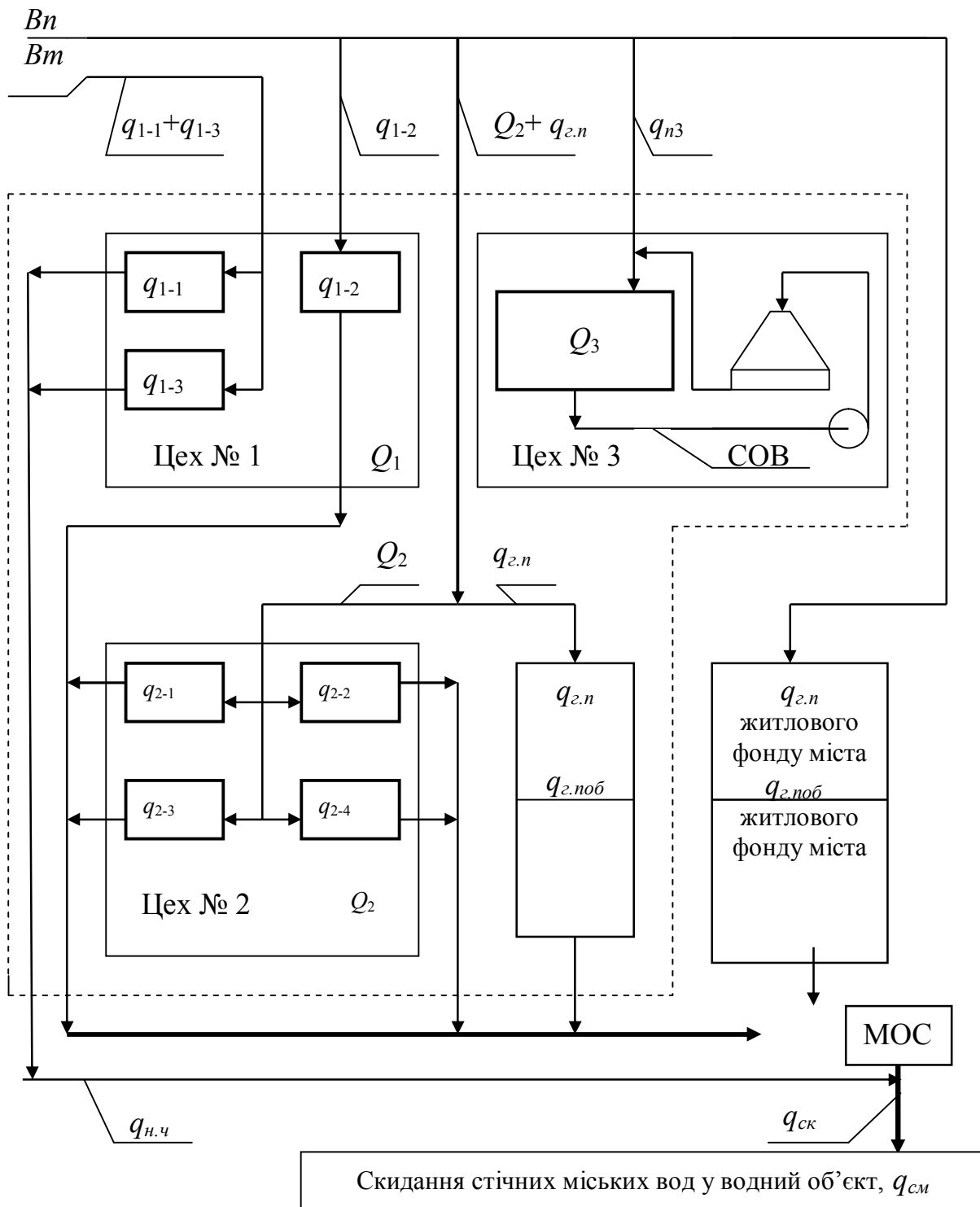


Рисунок 7.9 – Принципіальна структурна схема системи водопостачання та водовідведення підприємства та житлового фонду міста:

Bn – водопровід питної води; Bm – водопровід технічної води зокрема власного вододжерела; Q_1 , Q_2 , Q_3 – відповідно, витрати води на технологічні потреби цехів

На основі структурної водогосподарської схеми водопостачання промислового підприємства виконують розрахунок водогосподарського балансу й установлюють ліміт відпуску води підприємству. Результати

розрахунку водогосподарського балансу виконують для кожного підприємства індивідуально і використовують їх для забезпечення заходів щодо раціонального використання і охорони водних ресурсів.

7.4 Втрати води у водному господарстві промислових підприємств

Надходження та втрати води у системах водопостачання та водовідведення підприємств відображаються у водному балансі, який надають у вигляді формул, таблиць або рисунків.

Таблиця 7.2 – Надходження та втрати води на промислових підприємствах

Надходження води в систему, Q_n	Втрати води із системи, Q_v
1) із вхідною сировиною та напівфабрикатами, $Q_{сир}$; 2) із допоміжними речовинами, $Q_{доп}$; 3) із атмосферними опадами (дощ, талий сніг) і поливально-мийними, $Q_{атм}$; 4) із джерел водопостачання (поверхневих, підземних), $Q_{дж}$; 5) із водопроводів технічної води та господарсько-питного населеного пункту, Q_m , $Q_{г/п}$; 6) зі споруд доочистки міських стічних вод, $Q_{д.о.}$; 7) від технологічних процесів і устаткування, зокрема вод, що не потребують очищення (нормативно чистих), $Q_{н.о.}$; 8) від гідротехнічних споруд (шахтні, дренажні, інфільтраційні та інші стічні води), $Q_{нідз}$	1) на випаровування в охолоджувачах (градирнях, бризкальних басейнах, ставках-охолоджувачах), $Q_{вип} (P_1)^*$; 2) із крапельним виносом вітром із охолоджувачів, $Q_{к.в} (P_2)$; 3) із продуванням системи оборотного водопостачання, $Q_{пр} (P_3)$; 4) з безповоротним споживанням (з продуктом, сировиною, відходами), $Q_{б.с} (P_4)$; 5) транспірацією рослинністю водойми, $Q_{т.р.}$; 6) з фільтрацією в ґрунт від трубопроводів, споруд, ставків-освітлювачів, шламонакопичувачів, $Q_{ф.}$; 7) з поливанням проїздів, зелених насаджень, $Q_{пол.}$; 8) скидом стічних вод, $Q_{ск.}$; 9) з осадом на очисних спорудах, $Q_{оч} (P_{ос})$
$\sum Q_n$	$\sum Q_v$
* У дужках наведені позначення, які часто зустрічаються у технічній літературі та використовуються авторами	

Ефективність роботи водного господарства промислового об'єкта визначається рівнянням водного балансу: $\sum Q_n = \sum Q_v$.

Розрахунок складників водного балансу є складною та відповідальною роботою технічного персоналу підприємства.

Втрати води визначаються розрахунково-аналітичними методами за водогосподарською схемою, типовою формою, відомчими нормативами втрат води на одиницю продукції, вимогами до якості води водоспоживачів підприємства і, на діючих підприємствах, прямими замірами витрат.

Розрахункову потребу у воді порівнюють із фактичними витратами й усувають неконтрольоване споживання води на підприємстві та переглядають за необхідності установлений ліміт на відпуск води.

Безповоротне споживання (відбір води із системи на технологічні потреби) і втрати води з продуктом, відходами P_4 , визначаються технологічними розрахунками.

Втрати води на випаровування при охолодженні визначаються за формулою:

$$P_1 = K_{\text{вип}} \cdot \Delta t \cdot Q_{\text{об}}, \quad (7.1)$$

де $K_{\text{вип}}$ – коефіцієнт, який враховує долю тепловіддачі випаровуванням в загальній тепловіддачі і визначається залежно від типу конструкції охолоджувачів і температури повітря (за сухим термометром). Для бризкових басейнів і градирень (за даними табл. 7.3), для ставків-охолоджувачів і ставків-освітлювачів – залежно від температури води водного об'єкта (табл. 7.4);

Δt – перепад температур води в градусах, який розраховується за формулою:

$$\Delta t = t_2 - t_1, \quad (7.2)$$

де t_2 – температура оборотної води (відпрацьованої), яка надходить до охолоджувача;

t_1 – температура охолодженої води;

$Q_{\text{об}}$ – витрати охолодженої оборотної води, м³/год.

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнта $K_{\text{вип}}$ для градирень і бризкальних басейнів

Температура повітря, °C	0	10	20	30	40
Значення коефіцієнта $K_{\text{вип}}$	0,001	0,001 2	0,001 4	0,001 5	0,001 6

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнта $K_{\text{вип}}$ для ставків-охолоджувачів

Температура води в °C у річці або каналі, які впадають у ставок	0	10	20	30	40
Значення коефіцієнта $K_{\text{вип}}$	0,000 7	0,000 9	0,001 1	0,001 3	0,01 5

Для відкритих теплообмінних апаратів зрошувального типу втрати води на випаровування збільшуються вдвоє та формула (7.1) має такий вид:

$$P_1 = 2 \cdot K_{\text{вип}} \cdot \Delta t \cdot Q_{\text{об}}, \quad (7.3)$$

Втрати води на винос із системи у вигляді крапель P_2 (якщо вода в системі використовується як теплоносій) залежить від типу конструкції та розміру охолоджувача, а для відкритих охолоджувачів від швидкості вітру. Величина втрат на крапельний винос визначається за формулою:

$$P_2 = K_{вкр} \cdot Q_{об}, \quad (7.4)$$

де $K_{вкр}$ – коефіцієнт втрат води з виносом крапельним, який дорівнює:

- для бризкових басейнів 0,015–0,02;
- для бризкальних градирень з простими жалюзьями 0,01–0,015;
- для відкритих градирень із решітчастими жалюзьями й баштових градирень без водоуловлювачів 0,005–0,01, з водоуловлювачами 0,003–0,006;
- для вентиляторних градирень з однорядними водоуловлювачами 0,0015–0,003 (менше значення приймається для охолоджувачів великої потужності);
- для відкритих теплообмінних апаратів зрошувального типу 0,005–0,01.

Втрати води на фільтрацію у ґрунт Q_ϕ і на очисних спорудах визначаються окремим розрахунком.

Втрати води з продуквою системи (P_3) визначаються залежно від якості оборотної і підживлюючої води та способу її хімічної обробки. У продукву включають безповоротні витрати та втрати води на виробничі потреби, якщо іншим шляхом їх не можливо підрахувати.

Як приклад, наводимо в узагальненому вигляді вимоги до якості підживлюючої води для теплообмінних апаратів (табл. 7.5).

Звертаємо увагу на високі вимоги щодо якості води яка використовується для підживлення замкнутих систем оборотного водопостачання по всім показникам. Забезпечити ці вимоги можливо сучасними технологіями й установками фізико-хімічного очищення та знезаражування води. Незважаючи на високу вартість устаткування, необхідно їх впроваджувати у виробництво з метою збереження рівноваги у біосфері. На жаль підприємства України скидають навіть нормативно-чисті без очищення стічні води, які могли б без значних фінансових затрат багаторазово використовуватись у господарстві. Так, починаючи з 1990 р. і до сьогодні скид стічних вод категорії «нормативно чистих без очищення» становить 37–63 % від загального водовідведення.

Скид нормативно очищених вод за цей самий проміжок часу перебуває в межах 12–19 %. Таке безвідповідальне відношення до питань раціонального використання водних ресурсів необхідно змінювати на користь наукового обґрунтування використання води у народному господарстві України.

Вимоги до якості води в системах охолодження та технологій виробництв надзвичайно різноманітні навіть для підприємств однієї галузі. Тому залежно від якості води і типу виробництва вони повинні конкретизуватись відповідними науковими рекомендаціями. Для навчальних цілей і укрупнених розрахунків наведені дані дозволяють з достатнім наближенням характеризувати ефективність роботи водного господарства підприємства.

Таблиця 7.5 – Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних апаратів оборотного водопостачання в хімічній промисловості

Показник якості	Для оборотної води	Величини, необхідні для підживлювальної води	
		зі скиданням 8 % води (з продуванням)	без скидання оборотної води (замкнений цикл)
1	2	3	4
Твердість карбонатна, моль/м ³	2,5	2,0	0,9
Твердість постійна, моль/м ³	5,0	4,0	1,9
Загальний солевміст, г/м ³	1 200	900	445
Хлориди, г/м ³	300	237	112
Сульфати, г/м ³	350–500	277–395	119–187
Сума фосфору та азоту, г/м ³	3	2,4	1,1
Завислі речовини, г/м ³	30	23,6	11,2
Окиснюваність перманганатна, гО/м ³	8–15	11,8–12,8	3–5,7
ХСК, гО/м ³	70	55	26
Масла та речовини, що утворюють смолу, г/м ³	0,3	0,25	0,10

7.5 Критерії оцінки ефективності використання води на підприємствах

Для оцінки ефективності роботи водного господарства підприємств використовують такі критерії:

7.5.1 Відсоток використання води в обороті

$$K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{с.в} + Q_c} \cdot 100 \% ; K_{об} \rightarrow 100 \%, \quad (7.5)$$

де $Q_{об}$, $Q_{с.в}$, Q_c – відповідно витрати оборотної води, свіжої із вододжерела, вода, що надходить із сировиною і реагентами.

Цей показник характеризує технічну досконалість системи водопостачання, оцінюється у відсотках оборотної води від загальної потреби. Для підприємств різних галузей виробництва відсоток використання води в обороті, навіть для підприємств однієї галузі, може значно відрізнятись. Середнє значення $K_{об}$ становить на підприємствах чорної металургії 85 %, кольорової – 80 %, нафтохімічній – 86 %, машинобудівельній – 70 %, целюлозно-паперовій – 65 %, легкій – 60 %, парфумерно-косметичній – 50 %, харчовій – 45 %.

На підприємствах з інноваційними технологіями ці показники значно кращі та становлять у металургійній і нафтохімічній галузях – 95–98 %, машинобудівельній – 85–90 %, целюлозно-паперовій, легкій, парфумерно-косметичній – 70–80 %, харчовій – 65–70 %.

7.5.2 Коефіцієнт використання свіжої води із вододжерела

Рівень раціональності використання свіжої води, яку забирають із водного об'єкта для покриття потреб на підприємстві, визначають за коефіцієнтом K_{cv} :

$$K_{cv} = \frac{Q_{cv} + Q_c - Q_{ck}}{Q_{cv} + Q_c} \leq 1; K_{cv} \rightarrow 1, \quad (7.6)$$

де Q_{ck} – витрати стічних вод, які скидаються безпосередньо у водний об'єкт або через систему водовідведення міста.

Коефіцієнт, що визначає раціональність використання свіжої води, яка забирається із водного об'єкта, на підприємствах різних галузей промисловості у середньому становить 0,3, а на передових – у межах $0,75 \div 0,85$.

7.5.3 Коефіцієнт безповоротного використання та втрат води на підприємстві

Відсоток безповоротного використання та втрат води $P_{б.с}$ на підприємстві від загальних витрат визначають за формулою:

$$P_{б.с} = \frac{Q_{cv} + Q_c - Q_{ck}}{Q_{cv} + Q_c + Q_n + Q_{об}} \cdot 100 \% ; P_{б.с} \rightarrow 0, \quad (7.7)$$

де Q_n – витрати води, які використовуються у повторно-послідовній схемі водопостачання.

Середнє значення відсотка безповоротних втрат і використання води складає 2,5 % і перебуває у переважній більшості підприємств в межах $1,5 \div 45$ %.

7.5.4 Коефіцієнт водовідведення

Коефіцієнт водовідведення характеризує долю витрат води, яка надходить у водний об'єкт від забраної із нього для потреб підприємства й визначається за формулою:

$$K_{ck} = \frac{Q_{ck}}{Q_{cv}} \cdot 100 \% \leq 100 \% ; K_{ck} \rightarrow 100 \%. \quad (7.8)$$

Для прямої схеми, коли теоретично $Q_{ck} = Q_{cv}$, $K_{ck} = 100$ %.

Зростання безповоротних втрат і використання води на підприємстві, коли $Q_{cv} \gg Q_{ck}$, приводить до зменшення K_{ck} , що потребує з'ясування об'єктивності цих змін.

Загалом критерії оцінки використання води потрібно визначати для підприємства в цілому, основних і допоміжних цехів (корпусів), компресорних і повітродувних станцій та інших об'єктів, де використовується вода, що дасть змогу об'єктивно характеризувати технічний рівень водного господарства.

8 ГОЛОВНІ ПРИНЦИПИ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНО-ВИРОБНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ (ПРОМИСЛОВИХ ВУЗЛІВ)

8.1 Умови організації промислового вузла як частини водогосподарського комплексу

Сучасна стратегія містобудівництва в світі характеризується сталим розвитком, який забезпечує збалансоване вирішення соціально-економічних завдань, проблем збереження благодійного навколишнього середовища та природно ресурсного потенціалу для задоволення потреб населення. Як засвідчує практика, у процесі розміщення та забудови промислових підприємств на сучасному рівні розвитку народногосподарського комплексу не завжди враховуються умови і фактори природного й антропогенного характеру. Головне є територія та інвестор. Формування територіально-виробничих комплексів – це стратегічне завдання для виконавчих органів, яке повинне виконуватись на науковій основі відповідно до діючих нормативно-правових документів з питань функціонального зонування території населеного пункту.

Розташування виробництв повинно відбуватись у промисловій зоні з урахуванням розмірів і якості територій, надійності й потужності вододжерел, умов водовідведення та повторного використання стічних вод усіх категорій, вітрового режиму, частоти штилів, імовірності виникнення смогу, чисельності трудового населення, транспортного забезпечення, розмір санітарно-захисних смуг, рівня забруднення навколишнього середовища та багатьох інших містоутворюючих і виробничих зв'язків.

Будівництво нових і модернізація діючих підприємств, в умовах кардинальних змін механізмів господарювання й управління в процесі переходу до ринкової економіки, потребує наукового розуміння та гармонічного поєднання світових досягнень у частині взаємодії взаємопов'язаних між собою міської інфраструктури й компонентів сталого розвитку суспільства. У цих умовах стикаються проблеми, що виникають у процесі урбанізації у зв'язку зі збільшенням споживання води, зростанням дефіциту прісної води, погіршенням екологічного стану вододжерел, необхідністю поліпшення якості питної води та багато інших. Вони повинні вирішуватись комплексно на основі раціонального використання та охорони водних ресурсів, впровадження водооборотних систем, зменшення скиду стічних вод категорій «недостатньо очищених» та «без очищення» у поверхневі водні об'єкти. На жаль в Україні скид забруднених стічних вод досить значний і становить в різні роки 23–34 % від усього обсягу водовідведення. Відсутність сучасних очисних споруд на підприємствах і невиконання нормативів гранично-допустимих скидів (лімітів) також негативно впливають на екологічний стан вододжерел. Існуючі очисні водоохоронні споруди були розраховані на видалення із води забруднень з певними якісними характеристиками, що викликало необхідність використання декількох споруд чи апаратів, які потребують значних площ для розміщення.

Вирішити ці проблеми можливо у разі модернізації діючих очисних споруд з використанням ефективних уніфікованих технологій, сучасних комбінованих споруд та науково обґрунтованих методик їх розрахунків.

Процес удосконалення технологій очистки води визначається двома найпоширенішими напрямками – розробка компактних високоефективних апаратів промислового виробництва блочного компонування та модернізація існуючих типових очисних споруд. Обидва напрями дають змогу істотно покращити ефективність очищення, інтенсифікувати технологічний процес, скоротити тривалість будівельно-монтажних робіт, зменшити виробничі площі. Необхідно зазначити, що ці проблеми повинні вирішуватись комплексно з благоустроєм міської території, розвитком системи охорони навколишнього середовища на регіональному та державному рівнях та науковим обґрунтуванням доцільності формування територіально виробничих комплексів як невід’ємної частини водогосподарського комплексу.

З метою збереження природного середовища та мінімізації впливу на нього підприємств комплексу необхідно дотримуватись таких принципів:

1) стабільності, що передбачає урахування впливу природних факторів на всіх стадіях містобудівельного проектування з метою запобігання прорахунків і своєчасного втручання у разі непередбачених змін умов і факторів комплексоутворення;

2) взаємозалежності й взаємозв’язків факторів і умов природного характеру та соціально-технічного;

3) динамічності, за яким розглядають природний комплекс як організм, що безперервно розвивається в просторі й часі;

4) значущості, який враховує важливість окремих елементів природного середовища на кожній стадії реалізації територіально-виробничого комплексу й визначає пріоритетні та другорядні фактори впливу;

5) прямих і зворотних зв’язків діючих груп факторів між собою та окремими елементами факторів;

6) рівноваги між природними й урбанізованими системами, який реалізується шляхом комплексного вирішення архітектурно-планувальних, інженерно-технічних, санітарно-екологічних, соціально-економічних та інших завдань;

За цими принципами розробляються заходи, які передбачають:

- захист території міст від підтоплень і шкідливої дії повеневих вод;
- осушення перезволожених земель і боліт;
- улаштування дренажних устаткувань водовідвідних каналів;
- регулювання водотоків і улаштування штучних водосховищ, укріплення берегів;
- виконання робіт, які запобігають ерозії ґрунтів, росту ярів.

Отже, формування територіально-виробничих комплексів зачіпає надзвичайно широке коло питань, які важко вирішувати інженерно-технічними, організаційними й іншими заходами у зв’язку з їх комплексністю та галузевим різноманіттям промислових підприємств, але в умовах сталого розвитку міст і

широкого впровадження інноваційних технологій у виробництво ми зобов'язані системно вирішувати такі завдання.

У межах однієї навчальної дисципліни не передбачається вивчення дії всіх факторів на процес формування промислових об'єднань, але фахівець із питань раціонального використання водних ресурсів, містобудування, екології та інших повинен знати обсяг питань, який необхідно вирішувати у кожному конкретному випадку, враховуючи знання суміжних дисциплін.

Тому звернемо увагу лише на окремі фактори формування промислових вузлів, які переважно належать до компетенції фахівців напрямку «Водні ресурси», «Екологія».

До складу промвузла насамперед доцільно включати підприємства, які можуть об'єднуватись на таких умовах:

- єдиних систем технічного і господарсько-питного водопостачання;
- єдиного комплексу очисних споруд виробничих стічних вод;
- сприятливих умов водовідведення і використання поверхневого стоку;
- раціонального й комплексного використання насамперед місцевих і регіональних водних ресурсів;
- кількісних і якісних показників водних об'єктів, які є джерелами водопостачання та приймачами стічних вод;
- величини санітарно-захисних смуг;
- збереження природного ландшафту;
- створення єдиного транспортного господарства;
- організації загального енергетичного господарства;
- раціонального використання трудових ресурсів;
- кооперування на основі комплексної переробки сировини й відходів;
- кооперування на основі обміну напівфабрикатів;
- кооперування із використання (споживання) готової продукції;
- кооперування з питань охорони навколишнього середовища;
- раціонального природокористування.
- позитивного прогнозу щодо чисельності населення міста трудового віку.

На кожному із підприємств, потенціальних учасників територіально-виробничого комплексу, необхідно зробити аналіз ефективності роботи водного господарства з метою визначення рівня досконалості в питаннях раціонального використання води й доцільності об'єднання на умовах:

- характеристики якості свіжої технічної води;
- вимог до якості оборотної та повторно-послідовної води;
- характеристики стічних вод за категоріями;
- систем і схем водопостачання та водовідведення;
- схем локальних і загальнозаводських очисних споруд;
- використання поверхневого стоку і доочищених міських стічних вод у системі технічного водопостачання;
- утилізації цінних компонентів стічних вод;
- вимог до якості стічних вод, що надходять у систему водовідведення міста;

- впливу забруднень (викидів і скидів) на навколишнє природне середовище.

Запровадження об'єднань підприємств (промвузлів) дозволить скоротити, а в деяких випадках повністю припинити використання свіжої води і скиду стічних вод у водні об'єкти, удосконалити механізм управління водогосподарською діяльністю, забезпечити охорону навколишнього середовища від негативного впливу промислових підприємств.

У наступному розділі на конкретному прикладі будуть розглянуті переваги організації промвузлів як складової частини водогосподарського комплексу порівняно з окремо діючими водними господарствами підприємств.

У навчальних цілях розглянемо методологію теоретичного розрахунку обґрунтування доцільності формування територіально-виробничих комплексів. Для прикладу на основі діючих нормативів і наукових досягнень сформуємо промвузол з трьох підприємств машинобудівної галузі.

8.2 Розрахунок водного балансу промислових підприємств і промвузла

Підбір підприємств до складу промвузла можливо також здійснювати з урахуванням вимог планувальних характеристик груп комплексів, до яких входять виробництва з близькими техніко-економічними й екологічними показниками, наведеними в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Планувальна характеристика промислових комплексів

Групи комплексів	Характерні виробництва	Чисельність працюючих, тис. осіб	Розмір території, га	Санітарно-захисна зона, км	Ступінь забруднення стічних вод
1	2	3	4	5	6
I	Хімія, чорна і кольорова металургія	20–30	500–1 000	10–15	Дуже значний
II	Важке, транспортне, енергетичне, сільськогосподарське машинобудування	20–30	100–300	1–2	Невеликий
III	Лісопереробна, хімічна промисловість середнього масштабу	5–15	100–300	3–6	Значний
IV	Машинобудування (верстатобудування), легка промисловість, деякі комплекси хімічної промисловості	5–15	20–200	0,5–1,0	Незначний
V	Цементна промисловість, великі бази будівельної індустрії, великі м'ясокомбінати	2–5	20–50	2–5	Значний
VI	Приладобудування, частково харчова промисловість	2–10	20–50	0,5	Слабкий

Згідно з додатком Р водний баланс обраних підприємств промвузла поданих у питомих витратах перевіряють на відповідність прибуткової та видаткової частин рівняння. При цьому повинна дотримуватися така умова: сума витрат свіжої води з джерела, що надходить для виробничих цілей ($Q_{св}$), повинна дорівнювати сумі використаної води ($Q_{вик}$). Витрати води на господарсько питні потреби працюючих на підприємстві також повинні дорівнювати витратам господарсько-побутових стічних вод. Якщо $Q_{св} \neq Q_{вик}$ або $Q_{сп} \neq Q_{споб}$ потрібно вихідні дані уточнити й знайти помилку.

Результати перевірки водного балансу у питомих витратах для виробничих і господарсько – питних потреб записують у вигляді рівнянь:

$$Q_m + Q_{пмп} = Q_{по} + Q_{но} + Q_{ф} + P_{заг} \text{ та } Q_{сп} = Q_{споб}. \quad (8.1)$$

Зауважимо, що до категорії стічних вод, що не потребують очищення ($Q_{но}$), умовно належать нормативно-чисті без очищення та нормативно-очищені.

У подальшому, використовуючи дані додатків Р, С, визначають продуктивність підприємства й добові витрати води. Отримані значення витрат води наводять у вигляді таблиці, рисунків і знову перевіряють рівняння балансу. У разі рівності прибуткової та видаткової частин рівняння приступають до визначення витрат води за максимально-допустимим нормативними значеннями витрат (1-й етап функціонування водного господарства). При цьому визначають усі види витрат, а також ефективність роботи водного господарства підприємств, яку встановлюють за коефіцієнтами $K_{св}$, $K_{об}$, $K_{бс}$, порівнюючи їх із середніми галузевими (див. розділи 7.5.1 – 7.5.3).

Варто мати на увазі, що розрахунки на кожному етапі розвитку водного господарства повинні перевірятися. Тільки переконавшись, що розрахунки виконані правильно й отримані дані відбивають очікувані зміни, можна розпочинати виконувати наступного етапу.

Розрахунок балансу на другому етапі (після модернізації водного господарства підприємств) виконують за аналогією до розрахунків на першому етапі, але за мінімально допустимими нормативними значеннями витрат води. Для попередньої оцінки ефективності прийнятих технічних рішень знову визначають коефіцієнти $K_{св}$, $K_{об}$, $P_{бс}$ та економію свіжої води за різницею водоспоживання на першому й другому етапах.

Подальшу економію свіжої води можна досягнути лише у рамках промвузла (3-й етап) шляхом заміни свіжої води технічної якості нормативно-чистими й доочищеними міськими стічними водами. Для цього водний баланс перевіряють і подають у вигляді рисунка, що включає витрати води підприємств, міста та міських очисних споруд та оцінюють вплив водовідбору промвузла на санітарно-екологічний стан вододжерела.

Потім визначають необхідну ефективність очищення стічних вод і гранично допустиме скидання (ГДС) забруднюючих речовин для підприємств

промвузла. Розрахункові показники якості очищених стічних вод повинні забезпечити збереження екологічної рівноваги водного об'єкта й навіть поліпшувати показники якості річкової води.

Основну частину роботи завершують розрахунком відвернутого збитку внаслідок зменшення забору свіжої води та скидання стічних вод у річку, суму платежів у бюджет за скидання забруднень та аналізують результати комплексного обґрунтування доцільності формування промвузла в розглянутому варіанті.

8.2.1 Розрахунок добових витрат води

Методологія оцінки доцільності формування промвузла, яка розглянута вище, буде проілюстрована на прикладі трьох підприємств машинобудівної галузі IV і V класів шкідливості. На таких підприємствах відбувається виробництво машин, приборів, електродів, верстатів для обробки металів. У складі таких підприємств можуть бути виробництва чавуну та сталі на яких впроваджені системи оборотного водопостачання. Стічні води таких підприємств забруднені нафтопродуктами, завислими речовинами, солями заліза, кольорових металів і тому, зазвичай, мають локальні очисні споруди.

Стічні води після очищення на підприємстві зазвичай належать до категорії «недостатньо очищених» і направляються в систему водовідведення міста.

Для визначення добових витрат води, маючи дані питомого водоспоживання, виконують розрахунок кількості одиниць продукції, що випускають підприємства (продуктивність підприємств, Pr), використовуючи сумарну витрату виробничих стічних вод за формулою:

$$Pr = \frac{Q_{cm}}{\sum q_n}, \text{ од./добу}, \quad (8.2)$$

де Q_{cm} – витрата виробничих стічних вод, що надходять у систему водовідведення міста та нагромаджувачі, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$\sum q_n$ – сумарна питома витрата виробничих стічних вод, що утворюються на підприємствах промвузла, м^3 води на одиницю продукції, $\text{м}^3/\text{од}$;

Питома водоемкість (питоме водокористування) на деяких підприємствах може бути невеликим порівняно з іншими підприємствами навіть одної галузі, але загальний об'єм водокористування може бути значним у зв'язку з великою потужністю підприємства. Тому на балансових схемах і в звітних матеріалах розміщують відомості про загальне водоспоживання підприємства $Q_{заг.м}$ (рис. 8.1).

Значення Q_{cm} встановлюють орієнтовно з додатку Р, або за результатами роботи діючих підприємств. Конкретну величину Q_{cm} вибирають з огляду на передбачену потужність підприємства, чисельність жителів міста, кількісні та якісні показники, джерела водопостачання та інші фактори, розглянуті вище.

Величина Q_{cm} включає сумарну витрату стічних вод, що підлягають очищенню (Q_{no}), та які не потребують очищення («умовно-чисті»), – Q_{no} і фільтраційні – Q_{ϕ} .

Значення q_n знаходять у додатку Р, рахують $\sum q_n$ шляхом складання питомих витрат зокрема витрат фільтраційних вод у разі їх наявності, і використовуючи формулу (8.2), визначають продуктивність підприємства.

Добові витрати води в м³/добу знаходять за формулою $Q_i = Pr \cdot q_{ni}$.

Результати розрахунку подають у табличній формі й перевіряють на дотримання умови рівності витрат води, що надходять у систему водопостачання ($Q_{надх}$) і повертаються в навколишнє середовище чи безповоротно втрачаються, зокрема витрату води, що входить до складу продукції на підприємстві ($Q_{уб}$) – ($\sum Q_{надх} = \sum Q_{уб}$).

У результаті цих розрахунків ми отримали складові водного балансу, які подаємо у табличній формі (табл. 8.2).

Таблиця 8.2 – Водопостачання та водовідведення на підприємствах промислового вузла, м³/добу

№ з/п (шифр підприємства)	Система водопостачання	Витрати оборотної і повторно-послідовної води, Qоб	Витрати свіжої води			Витрати стічних вод			Безповоротне споживання і втрати, Рзаг
			техн. якості Qt	питної якості на потреби		потребують очищення		не потребують спец. очищення, Qно	
				технічні, Qптп	госп.-питні, Qгп	виробничі, Qпо	госп.-побутові, Qг.поб		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
3									

Водний баланс кожного підприємства (м³/добу) подають також у математичній формі:

$$Q_m + Q_{nmn} = Q_{no} + Q_{но} + Q_{\phi} + P_{заг} \quad (8.3)$$

Для спрощення розрахунків рівняння 8.3 можна записати без урахування витрат води на господарсько-питні потреби оскільки, рівність $Q_{г.п} = Q_{г.поб}$ підтверджена раніше (8.1).

Але у нормативних матеріалах частіше вимагають показати балансову схему з умовними позначеннями та зазначеними величинами витрат води відповідно до етапу розвитку водного господарства, як це буде проілюстровано нижче на прикладі розрахунку балансу промвузла.

Для прикладу нами взяті виробництва на яких свіжа технічна вода використовується для випуску продукції, як теплоносій і засіб

транспортування, а вода питної якості – як складник продукції та для господарсько-побутових потреб працівників підприємств (рис. 8.1).

На рисунку 8.1 відображена система водопостачання підприємства із двох джерел – комунального водопроводу води питної якості (Q_n) на господарсько-питні потреби працівників підприємства ($Q_{г.п}$) і виробничі процеси ($Q_{п.т}$) та водопроводу води технічної якості власного джерела ($Q_{т.д}$) для забезпечення технології виробництва (Q_t).

На підприємстві вода використовується для гідротранспортування золи від енергоустановок у шламонакопичувач (золівідвал) із витратою (Q_ϕ).

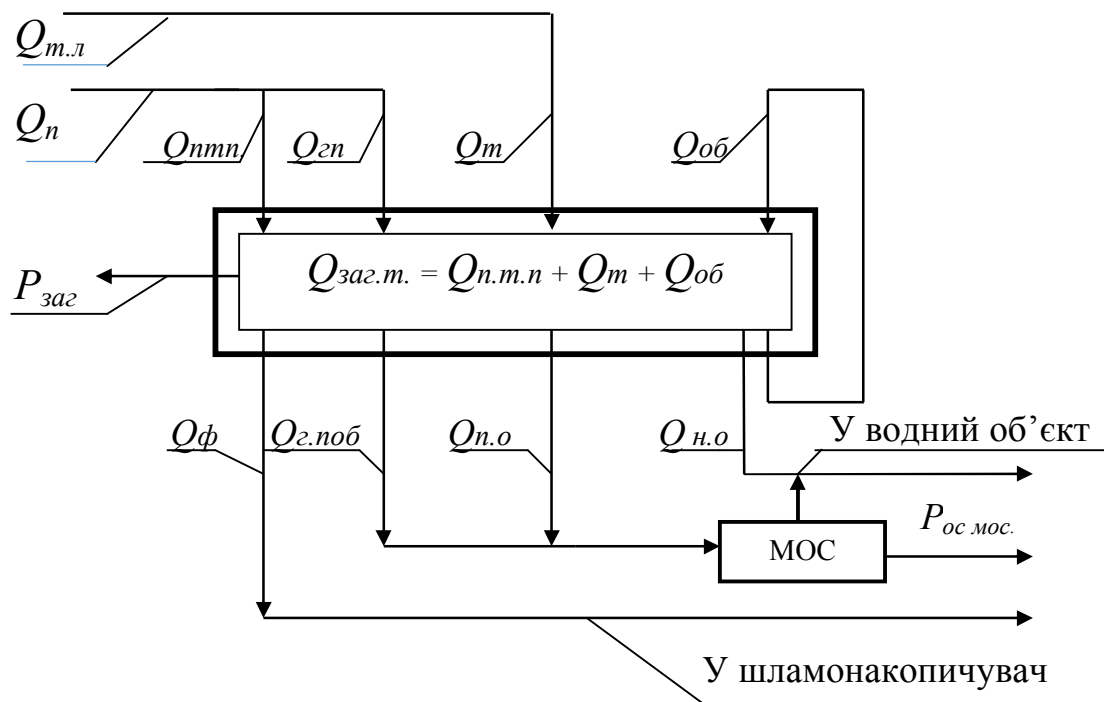


Рисунок 8.1 – Водний баланс підприємства промислового вузла

Стічні води від їдалень, пралень, душових установок, адміністративних приміщень тощо ($Q_{г.п.об}$) та від виробничих процесів після знезаражування ($Q_{п.о}$) надходять у систему водовідведення міста для очищення на міських спорудах біологічного очищення. Нормативно чисті стічні води від технології виробництва, продувні від системи оборотного водопостачання, поверхневі дощові й поливально-мийні води після локального очищення до встановлених нормативів із загальною витратою ($Q_{т.о}$) надходять у водний об'єкт. Система оборотного водопостачання з витратою $Q_{об}$ упроваджена на одному із виробництв підприємства. Безповоротне споживання та втрати води узагальнено входять у показник ($P_{заг}$) і відображені на рисунку 8.1.

Загальне водоспоживання на технічні потреби ($Q_{заг.т.}$) складається із суми витрат води питної якості ($Q_{п.т.п}$), технічної (Q_t) і води, яка міститься в системі оборотного водопостачання ($Q_{об}$).

Розглянуті в цьому розділі вихідні дані відображаються детально у паспортах підприємства (екологічному й водному), типових формах для розрахунку водогосподарського балансу, правилах приймання стічних вод в системи водовідведення міст та інших інструкціях і правилах, діючих в Україні. Більш наочно, коли на схемі витрати води подаються в масштабі.

Якщо проектом передбачається використання для технічних потреб доочищених міських стічних вод, то в розрахунках водного балансу необхідно врахувати витрати води на господарсько-питні потреби населення міста які визначають за технічним завданням або формулою:

$$Q_{сп.} = \frac{N_{жс} \cdot q_{пжс}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (8.4)$$

де $N_{жс}$ – чисельність жителів міста, осіб;

$q_{пжс}$ – норма водопостачання, л/добу на одну людину.

Розрахунок за формулою (8.4) виконується у випадку навчальних цілей, Для реального проекту модернізації міських територій і підприємств потужність міських споруд і витрати господарсько-побутових стічних вод відомі.

8.2.2 Розрахунок водного балансу до впровадження ресурсозберігаючих технічних рішень (перший етап)

Для розробки заходів із раціонального використання води необхідно встановити всі види втрат із подальшим аналізом ефективності роботи водного господарства. На першому етапі функціонування водного господарства підприємств встановлюють за максимально допустимими нормативними значеннями наступні види втрат води:

- 1) на випаровування в охолоджувачі (P_1);
- 2) з охолоджувача оборотної води на крапельний винос з повітрям (P_2);
- 3) з продуванням системи оборотного водопостачання (P_3);
- 4) з осадом на очисних спорудах ($P_{ос}$);
- 5) із безповоротним споживанням на підприємствах (P_4).

Для прикладу розглянемо систему охолодження з градирнею. Втрати води на випаровування в цьому разі знайдемо за формулою (7.1).

Температурний перепад (Δt) можна прийняти для вентиляторних градирень у межах 12 – 20 °С, для баштових – 8–12 °С. Вентиляторні градирні доцільно застосовувати при витратах охолоджуваної води ($Q_{об}$) до 100 тис. м³/добу – баштові при $Q_{об} > 100$ тис. м³/добу.

Втрати води на винос із систем у вигляді крапель (P_2) залежать від типу конструкції, розмірів охолоджувача, швидкості вітру та визначають згідно із діючими нормативними документами. Для вентиляторних градирень P_2 можна прийняти в межах 0,2–0,5 % від витрати оборотної води, для баштових – 0,5–1,0 %. При цьому на першому етапі розвитку водного господарства

доцільно прийняти максимальне значення витрат чи близьке до нього, на другому етапі – мінімальне.

Втрати води на продування (P_3) становлять 0,2–2,5 % від витрати оборотної води.

Втрати води з осадом (P_{oc}) на локальних очисних спорудах далі (ЛОС) становлять 0,1–2,0 % від витрати води, що надходить на очисні споруди підприємств (Q_{no}). Безповоротне споживання та втрати води у виробництві (P_4) можна визначити як різницю між загальними втратами ($P_{заг}$) і сумою втрат на випаровування, краплинне винесення та втрати з осадом, тобто:

$$P_4 = P_{заг} - (P_1 + P_2 + P_{oc}). \quad (8.5)$$

Коли виявиться, що $P_{заг} < (P_1 + P_2 + P_{oc})$, то потрібно зменшити значення втрат за рахунок показників P_2 або P_{oc} до одержання залежності $P_{заг} > (P_1 + P_2 + P_{oc})$ та позитивного значення P_4 .

Варто мати на увазі, що в таблиці питомих витрат додатку Р включено P_3 у витрату Q_{no} (гр. 11), або $-Q_{no}$ (гр. 9).

Можливо, що в результаті розрахунків буде $P_3 > Q_{no}$, або Q_{no} відсутності, то це означає, що продувні води враховані в категорії стічних вод, що потребують очищення. Варіант, коли у вихідних даних $P_3 > Q_{no}$, а $Q_{no} = 0$, тоді потрібно зменшити відсоток продувних вод у нормативних межах. Багатоваріантність засвідчує, що потрібно перевіряти вихідні, зокрема звітні дані для встановлення істини та продовження подальшого обчислення.

Аналіз ефективності використання води на підприємствах промвузла виконують за формулами (7.5) – (7.8). Якщо на першому етапі значення $K_{об}$ буде менше $K_{об.ср}$ ($K_{об} < K_{об.ср}$), то необхідно збільшити витрату оборотної води і, відповідно, зменшити витрату свіжої води на величину X із метою досягнення середньо галузевого значення $K_{об.ср}$. Величину розрахункової витрати X можна визначити за формулою:

$$X = K_{об.ср} \cdot (Q_{об} + Q_{св}) - Q_{об} = K_{об.ср} \cdot (Q_{об} + Q_m + Q_{nmn}) - Q_{об}. \quad (8.6)$$

Унаслідок збільшення $Q_{об}$ на величину $X \cdot Q_{об} = (Q_{об} + X)$ і зменшення витрат свіжої води ($Q'_{св} = Q_m + Q_{nmn} - X$) змінився баланс водоспоживання. Необхідно виконати перерахунок усіх видів втрат за мінімально допустимими значеннями та встановити нову витрату стічних вод, що підлягає очищенню (Q'_{no}), за формулою:

$$Q'_{no} = Q'_{св} - (P'_1 + P'_2 + P'_{oc} + P'_4 + P'_3 + Q'_{no} + Q_{\phi}). \quad (8.7)$$

У рівнянні (8.7) незмінною величиною залишились витрати води на фільтрацію в ґрунт (Q_{ϕ}) що пояснюється незмінною технологією виробництва. Балансові схеми з урахуванням усіх втрат води подають у вигляді рисунка 8.2.

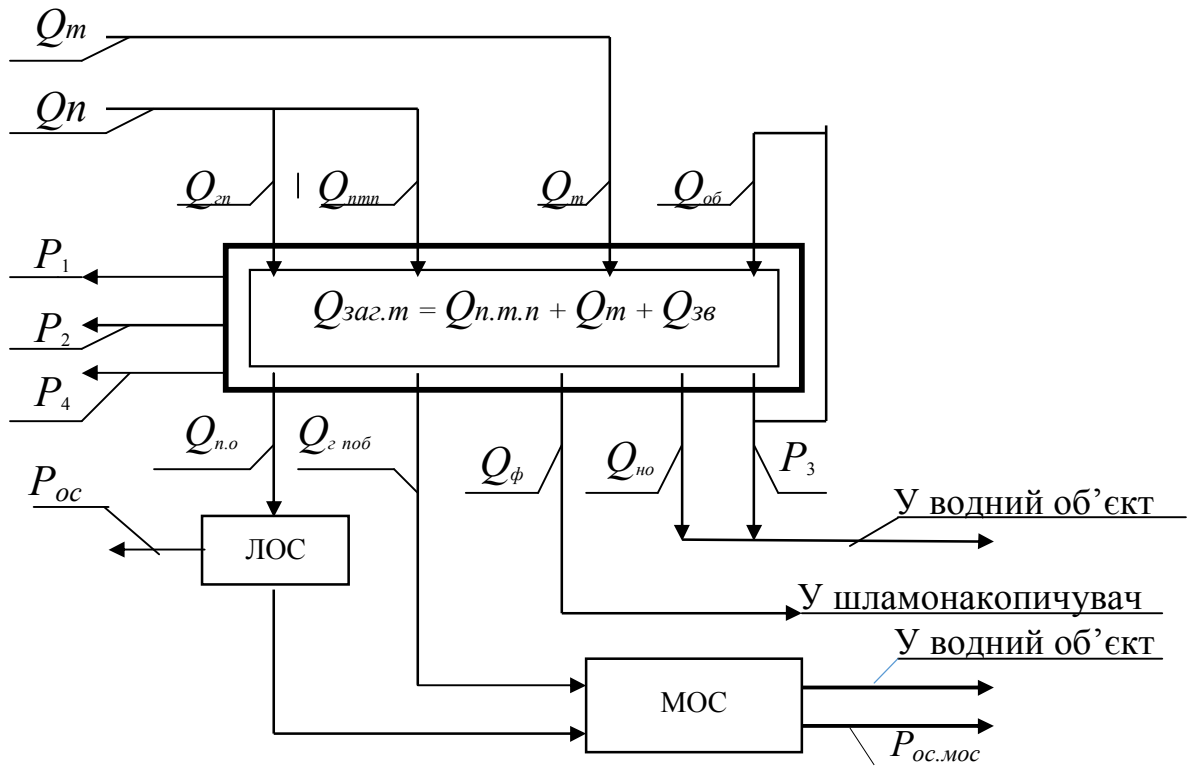


Рисунок 8.2 – Балансова схема використання води на першому етапі

Усі позначення на схемі 8.2 відповідають рисунку 8.1 з поясненнями в тексті.

Правильність розрахунків знову перевіряють за рівнянням:

$$Q_m + Q_{nmn} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_{oc} + Q_{no} + Q_{но} + Q_{ф}. \quad (8.8)$$

Рівність прибуткової та видаткової частин рівняння водного балансу за (8.8) засвідчує про відсутність математичних помилок у розрахунках. Розрахунки водного балансу на першому етапі дають змогу зробити об'єктивну оцінку питомого водоспоживання на підприємстві і визначити шляхи модернізації водного господарства за встановленими критеріями, розглянутими вище (розд. 7.5.1 – 7.5.4).

8.2.3 Розрахунок водного балансу з урахуванням технічного удосконалення водного господарства (другий етап)

Упровадження нових технічних рішень дозволяє скоротити всі види втрат води до мінімальних нормативних значень, зменшити витрати свіжої води для технічних потреб у межах кожного підприємства та забезпечити охорону водних ресурсів.

Розрахунок усіх видів втрат води виконують за аналогією до підрозділу 8.2.2, беручи до уваги, що втрати P_1 і P_4 на другому етапі не змінюються, тобто

$P_1 = \text{const}$ і $P_4 = \text{const}$. У цих умовах загальні втрати води змінюються шляхом зменшення витрат із осадом на очисних спорудах і на крапельний винос із повітрям із охолоджувача. Загальні втрати води визначають за рівнянням: $P'_{\text{заг}} = P_1 + P'_2 + P'_{\text{oc}} + P_4$, а формула балансу буде такою:

$$Q'_m + Q_{\text{nmn}} = P_1 + P'_2 + P'_{\text{oc}} + P_4 + P'_3 + Q_{\text{no}} + Q'_{\text{no}} + Q_{\phi}. \quad (8.9)$$

Прибуткова й видаткова частини рівняння балансу на другому етапі зменшуються порівняно з даними першого етапу на величину загальної економії води ($E_{\text{заг}}$) за рівнянням:

$$E_{\text{заг}} = E(P_2) + E(P_{\text{oc}}) + E(P_3), \quad (8.10)$$

де $E(P_2)$ – економія свіжої води за рахунок скорочення втрат із крапельним винесенням, визначається $E(P_2) = P_2 - P'_2$;

$E(P_{\text{oc}})$ – економія свіжої води за рахунок упровадження нових водозберігальних технологій очищення стічних вод, $E(P_{\text{oc}}) = P_{\text{oc}} - P'_{\text{oc}}$;

$E(P_3)$ – зменшення витрат продувних вод шляхом збільшення коефіцієнта випарювання, $E(P_3) = P_3 - P'_3$.

У прибутковій частині рівняння (8.9) зменшують на величину $E_{\text{заг}}$ витрати технічної води ($Q'_m = Q_m - E_{\text{заг}}$) для збереження рівності з видатковою частиною.

Отримані результати розрахунку подають у вигляді рисунка за аналогією до рисунка.8.2 і виконують розрахунок коефіцієнтів $K_{\text{зв}}$, $K_{\text{св}}$ і $P_{\text{б.с}}$ (див. (7.5)–(7.8)).

Отже, на другому етапі досягнуто максимально можливу економію свіжої води у межах підприємств. Балансову схему використання води на другому етапі виконують аналогічно до рисунка 8.2, з відповідними витратами.

Подальше зниження споживання свіжої води технічної якості можливе при створенні промвузла шляхом використання нормативно-чистих стічних вод підприємств і очищених міських стічних вод.

8.2.4 Розрахунок водного балансу промвузла (третій етап)

У нашому випадку промисловий вузол складається з трьох підприємств з єдиною системою водопостачання та водовідведення з містом, входить до складу водогосподарського комплексу басейну річки (рис. 8.3).

Балансову схему використання води виконують за даними другого етапу розвитку водного господарства та вносять зміни на рисунку, які потребує організація промвузла. Для забезпечення раціонального й комплексного використання води необхідно продувні й «умовно-чисті» води із сумарною витратою $Q_{\text{нч}}$ об'єднати у єдину систему водовідведення і направити на одне чи кілька підприємств з метою заміни свіжої води з джерела. Нормативно-чисті води ($Q_{\text{нч}}$) необхідно направити на підприємства з великими витратами

технічної води і низькими вимогами до якості оборотної води. У цьому разі витрата свіжої води на підприємстві становить:

$$Q''_m = Q'_m - \sum_1^3 Q_{no} - \sum_1^3 P_3 = Q'_m - Q_{nc}, \quad (8.11)$$

де $Q_{nc} = \sum_1^3 Q_{no} + \sum_1^3 P_3$ (на рис. 8.3 $Q_{nc} = Q_{no} + \sum_1^3 P_3$).

Подальше скорочення витрат свіжої води на технічні потреби можливе шляхом заміни її очищеними міськими стічними водами, з огляду на їхню якість (додаток Ф). У зв'язку з використанням у системах оборотного водопостачання підприємств очищених побутових стічних вод на третьому етапі, витрати на крапельний винос (P_2) необхідно прийняти в межах 0,005–0,05 % від витрати охолоджуваної води згідно з вимогами органів санітарно-екологічного контролю.

Втрати води з крапельним винесенням із системи оборотного водопостачання не повинні перевищувати 0,05 % від витрати оборотної води. Тому знаходять нове значення P''_2 для всіх підприємств промвузла, де проведено заміну свіжої технічної води на доочищені міські стічні води, визначають економію води і враховують її у балансі.

Обчислення виконують за формулами:

$$P'' = \frac{Q_{об} \cdot 0,05}{100}; \quad E(P''_2) = P'_2 - P''_2. \quad (8.12)$$

Знайдене значення економії води віднімають від прибуткової та видаткової частин рівняння балансу. При цьому доцільно зменшити витрати технічної води, але за відсутності цих витрат потрібно зменшувати витрати води питної якості Q_{nmn} , використовуючи рівняння:

$$Q'''_m = Q''_m - E(P''_2) \quad \text{або} \quad Q'_{nmn} = Q_{nmn} - E(P''_2). \quad (8.13)$$

У цьому випадку зберігається рівність прибуткової і видаткової частин водного балансу. Потім робимо заміну свіжої технічної води з вододжерела очищеними міськими стічними водами. Для цього відображаємо всі зміни на балансовій схемі промвузла за прикладом рисунка 8.3. Витрату доочищених міських стічних вод $Q_{до}$ що направляють для водопостачання підприємств промвузла знаходять за формулою:

$$Q_{до} = \sum_1^3 Q'''_m. \quad (8.14)$$

Виконують також розрахунок балансу водоспоживання на очисних спорудах міста далі (МОС) за формулою:

$$Q_{\text{мос}} = \sum_1^3 Q_{\text{по}} + \sum_1^3 Q_{\text{г.поб}} + Q_{\text{г.поб.м}} = \sum_1^3 Q_{\text{п.о}} + \sum_1^4 Q_{\text{г.поб}}, \quad (8.15)$$

де $Q_{\text{мос}}$ – потужність міських очисних споруд, м³/добу;

$Q_{\text{г.поб.м}}$ – витрата господарсько-побутових стічних вод від житлово-комунальних об'єктів і виробництв міста (вода міська стічна).

Втрати води на очисних спорудах з осадом $P_{\text{ос.мос}}$ знаходять за формулою:

$$P_{\text{ос.мос}} = \frac{2 \cdot Q_{\text{мос}}}{100}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (8.16)$$

Результати розрахунків в цифрах і позначках відображають на схемі водного балансу, як це для прикладу зображено на рисунку 8.4.

Рівняння водного балансу на МОС виглядає так:

$$Q_{\text{мос}} = Q_{\text{д.о}} + P_{\text{ос.мос}} + q_{\text{ск}}, \quad (8.17)$$

де $q_{\text{ск}}$ – витрата міських стічних вод, що надходять у водний об'єкт.

Правильність виконаних розрахунків перевіряють із рівняння балансу водоспоживання промвузла за формулою:

$$\sum_1^3 Q_{\text{пмп}} + \sum_1^4 Q_{\text{г.п}} = \sum_1^3 P_{\text{заг}} + P_{\text{ос.мос}} + q_{\text{ск}} + \sum_1^n Q_{\text{ф}}. \quad (8.18)$$

У прибутковій частині рівняння (8.18) відсутня витрата свіжої технічної води, оскільки на технічні потреби використовуються доочищені міські стічні води з витратою $Q_{\text{др}}$. Вода питної якості використовується на технологічні та господарсько-питні потреби без змін.

У видатковій частині формули (8.18) зазначена сума фільтраційних втрат води ($\sum_1^n Q_{\text{ф}}$) які на рисунку 8.3 відсутні, але у загальному виді можуть бути.

Рівняння водного балансу промвузла стосовно прикладу, наведеного на рисунку 8.3, виглядає так:

$$\sum_1^4 Q_{\text{гп}} + \sum_1^2 Q_{\text{пмп}} = \sum_1^3 P_{\text{заг}} + P_{\text{ос.мос}} + q_{\text{ск}}. \quad (8.19)$$

Якщо $\Sigma Q_{\text{пост}} = \Sigma Q_{\text{уб}}$ за рівнянням (8.19) виконується, то необхідно визначити можливість використання річки як джерела водопостачання промвузла.

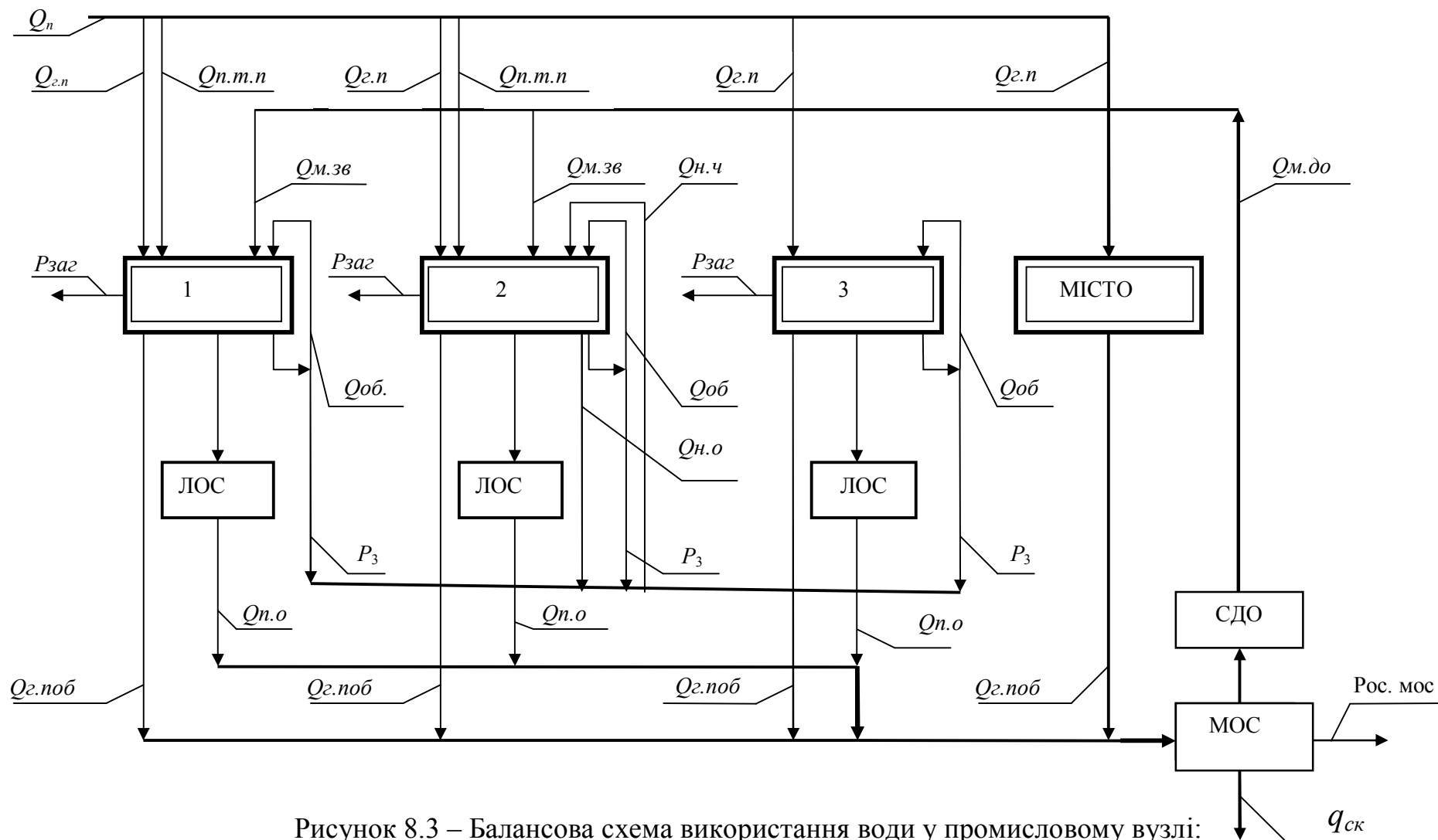


Рисунок 8.3 – Балансова схема використання води у промисловому вузлі:
 1, 2, 3 – промислові підприємства; ЛОС – локальні очисні споруди; МОС – міські очисні споруди;
 СДО – споруди доочищення міських стічних вод

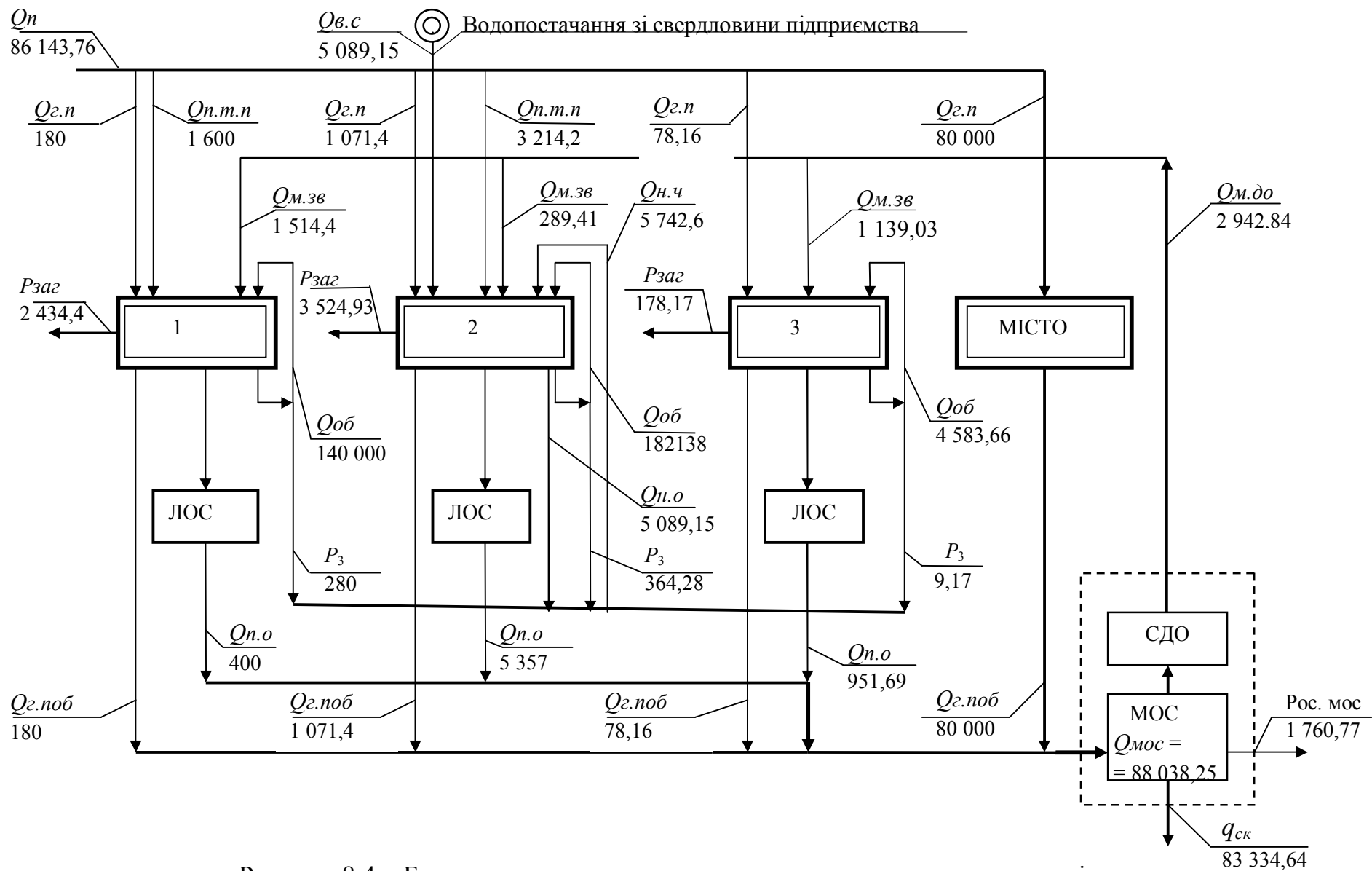


Рисунок 8.4 – Балансова схема використання води у промисловому вузлі:
 1, 2, 3 – промислові підприємства; ЛОС – локальні очисні споруди;
 МОС – міські очисні споруди; СДО – споруди доочищення міських стічних вод

Водопостачання населених пунктів і промисловості повинне бути безперервним, оскільки припинення подачі води хоча б на короткий термін може спричинити значні збитки. Тому необхідно знати умови за яких водозабезпечення промвузла не нашкодить екології водного об'єкта та народногосподарському комплексу відповідного регіону.

Аналізуючи дані рисунка 8.4 можливо пересвідчитись, що теоретичні та практичні результати розрахунків водних балансів співпадають та можуть використовуватись фахівцями для об'єктивної оцінки можливості формування на урбанізованих територіях територіально-виробничих комплексів з метою ефективної охорони навколишнього середовища.

8.3 Визначення та оцінка впливу водовідбору промвузла на режим використання вододжерела

Розрахунки, виконані в цьому розділі, дають змогу визначити загальний водовідбір свіжої води з джерела водопостачання для господарсько-питних і виробничих цілей промвузла на трьох етапах розвитку водного господарства. Результати розрахунку будуть використані для оцінки достатності витрат річки з метою покриття розрахункового водоспоживання промвузла з урахуванням гарантованих санітарних витрат нижче проектного водозабору. Розрахунок достатності витрат річки повинно виконувати за даними першого етапу розвитку промвузла, оскільки на наступних етапах раціональне використання води гарантовано забезпечить поліпшення екологічного стану вододжерела та потребу у воді промвузла. Для наочності розрахунки виконують у таблицях. Дані для розрахунку необхідно брати з рисунків балансових схем відповідного етапу та розрахункових значень Q_n для населення міста.

8.3.1 Визначення загального водовідбору промвузла

Загальну витрату води на потреби промвузла визначають за табл. 8.3–8.6.

Таблиця 8.3 – Витрати води з господарсько-питного водопроводу на потреби працюючих на підприємствах і населення міста

Споживачі	Витрата води на етапах реконструкції					
	1		2		3	
	м ³ /добу	м ³ /с	м ³ /добу	м ³ /с	м ³ /добу	м ³ /с
Працюючі на підприємствах						
1						
2						
3						
Населення міста						
Разом						

Таблиця 8.4 – Витрати води питної якості для виробничих потреб підприємств

Споживачі	Водоспоживання підприємств на етапах розвитку (реконструкції)					
	1		2		3	
	м³/добу	м³/с	м³/добу	м³/с	м³/добу	м³/с
Підприємства						
1						
2						
3						
Разом						

Таблиця 8.5 – Розрахунок витрат свіжої технічної води для виробничих потреб підприємств, м³/добу

Показники	Етапи реконструкції		
	1	2	3
Загальне водоспоживання підприємств промвузла			
Невраховані витрати (5 % від загального водоспоживання)			
Разом			
Витрата води на власні потреби очисної станції (10 % від сумарного водоспоживання)			
Разом			
Разом на технічні потреби, м³/с			

Таблиця 8.6 – Розрахунок загального водовідбору свіжої води на потреби промвузла, м³/с

Показники	Етапи реконструкції		
	1	2	3
Водовідбір на господарсько-питні потреби			
Водовідбір на технічні потреби:			
а) питної води			
б) технічної води			
Водовідбір загальний ($Q_{вз}$)			

Таблицю 8.6. виконують за підсумковими даними таблиць 8.3–8.5.

8.3.2 Визначення достатності витрат річки для покриття потреб промвузла

Річка може бути джерелом водопостачання, якщо її видатковий режим після забору води на потреби промвузла буде гарантовано розрахунковою санітарною витратою нижче водозабору. Розрахунок виконують шляхом зіставлення загального водовідбору на першому етапі реконструкції (див. табл. 8.6, гр.1) із багаторічним середнім значенням витрат річки $Q_{бс}$ за рівнянням:

$$Q_{вз} < (0,7...0,8) \cdot Q_{бс}. \quad (8.20)$$

Якщо $Q_{вз} > Q_{бс}$, то можливі такі рішення:

- а) використання декількох джерел (групова чи районна схеми водопостачання);
- б) оцінка можливості використання на наступному етапі реконструкції;
- в) зменшення продуктивності водоемких підприємств промвузла;
- г) переглянути склад промвузла;
- д) передбачити регулювання стоку.

Необхідність і вид регулювання стоку (сезонний, багаторічний), достатність витрат нижче водозабірних споруд промвузла уточнюють шляхом зіставлення значень $Q_{вз}$ із середньомісячною витратою річки $Q_{ср.міс}$ 95 % забезпеченості за рівнянням:

$$Q_{сан} = Q_{ср.міс} 95 \% - Q_{вз} > K \cdot Q_{ср.міс} 95 \% = Q_{сан.мін}, \quad (8.21)$$

де $Q_{сан}$ – фактична витрата нижче водозабору, яка забезпечує санітарно екологічні вимоги річки, м³/с;

K – коефіцієнт, який допускається прийняти рівним 0,3. Величина коефіцієнта залишається незмінною при $Q_{ср.міс} 95 \%$ межах 0,5–10 м³/с.

Якщо нерівність (8.21) виконується, то річку можна використовувати як джерело водопостачання без регулювання стоку, у випадку коли $Q_{сан} < Q_{сан.мін}$, або $Q_{сан} < 0$ – потрібне регулювання стоку.

8.4 Розрахунок і оцінка умов спуску стічних вод у річку

Розрахунки дозволяють оцінити санітарно-екологічну обстановку при скиданні стічних вод у річку, визначити головні напрями інженерно-технічних заходів, що забезпечують екологічну безпеку району розвитку водогосподарського комплексу.

Для виконання розрахунків треба визначитися з якістю річкової води.

У навчальних цілях рекомендуємо керуватись узагальненими даними якості річкової води, наведеними в додатку В.

У таблиці якості річкової води, крім наведених показників, необхідно визначити перелік токсичних речовин, що містяться в стічних водах підприємств промвузла з концентрацією, близькою до ГДК, або за офіційними даними екологічних служб. Потім виконують оцінку якості річкової води шляхом порівняння визначених показників з нормативними відповідно до діючих класифікацій за завислими речовинами, загальним солевмістом, бактеріальним забрудненням, специфічним забрудненням. Стосовно витрат річки необхідно визначитися з характеристикою русла за коефіцієнтами звивистості, жорсткості, намітити контрольні створи залежно від виду водокористування (табл. 8.8).

8.4.1 Розрахунок кратності розбавлення стічних вод водами річки

Випуск стічних вод у річку потрібно здійснювати з урахуванням забезпечення найповнішого змішування та розбавлення водами річки у місці їх скиду. Нагадуємо, що самоочищення природних вод відбувається при багаторазовому (1:7–1:12) розбавленні чистою водою. Величина, яка характеризує у скільки разів може знизитися концентрація забруднювальної речовини в стічних водах при їх скиді у річку на розглянутій ділянці, визначається показником – кратність розбавлення (n).

Реальну кратність розбавлення n визначають за формулою:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q_{ск}}{q_{ск}}, \quad (8.22)$$

де γ – коефіцієнт, який враховує ступінь повноти змішування та розбавлення стічних вод у водному об'єкті:

Q – середньомісячна витрата річки 95 % забезпеченості, м³/с;

$q_{ск}$ – витрата стічних вод, що надходить у річку від МОС, м³/с (рис. 8.3).

Коефіцієнт γ знаходять за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q_{ск}} \cdot \beta}, \quad \text{де } \beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = \frac{1}{2,72 \alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (8.23)$$

де e – основа натурального логарифма;

β – коефіцієнт, що враховує гідравлічні фактори змішування;

L – відстань від місця випуску до контрольного створу за фарватером річки, м.

Коефіцієнт α знаходять за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}. \quad (8.24)$$

Для розрахунків необхідно прийняти $\varphi = 1,1 \div 1,7$.

Коефіцієнт ξ потрібно прийняти при випуску стічних вод біля берега $\xi = 1$, при випуску в стрижні річки – $\xi = 1,5$;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії.

Коефіцієнт D залежно від характеристики річки визначають за формулами розділу 6.1.

Величину L визначають залежно від місця розміщення контрольного створу. Перший контрольний створ намічають на річці нижче за течією від місця скидання стічних вод на відстані 500 м, якщо річку використовують у рибогосподарських цілях, в інших випадках на відстані 1 км вище найближчого

пункту водокористування. Якщо на цій відстані $\gamma < 0,85$, то знаходять відстань до контрольного створу повного змішування $L_{nз}$, за формулою:

$$L_{nз} = \left[\frac{2,3}{\alpha} \cdot \lg \frac{\gamma \cdot Q + q_{ск}}{(1-\gamma) \cdot q_{ск}} \right]^3. \quad (8.25)$$

Приймають $\gamma = 0,90$.

Максимальний дефіцит кисню у річці може наступити за 2–3 доби після надходження стічних вод (див. розділ 2.2.4), тому величину $L_{nз}$ визначають також за формулою: $L_{nз} = 86\,400 \cdot t \cdot V_{ср}$, м, де t – тривалість переміщення води, діб.

Зазвичай водні об'єкти наскільки забруднені, що відсутній всякий резерв самоочищення. Тому ГДК токсичних забруднень приймають для розрахунків не в розрахунковому створі, а на випуску стічних вод у водний об'єкт, що не потребує обчислень за формулами (8.22)–(8.34). У такому разі вимоги до якості стічних вод, які скидаються у водний об'єкт, визначаються значенням ГДК для токсичних забруднень.

Зауважимо, що значення показника n використовують при встановленні необхідного ступеня очищення стічних вод, якщо $n > 10$. При $n < 10$ розвиток водогосподарчого комплексу на річці недоцільний і подальший шлях вирішення проблеми потрібно додатково дослідити.

8.4.2 Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод і гранично допустимого скиду (ГДС) забруднень

Необхідний ступінь очищення стічних вод при скиданні їх у водний об'єкт визначають для завислих речовин, БПК, нафтопродуктів і токсичних речовин.

Токсичні речовини, для яких виконують розрахунок ГДС, знаходять за найбільшим значенням концентрації у стічних водах, або за найменшим значенням ГДК у джерелі відповідного виду водокористування.

Середню концентрацію забруднень ($C_{ср.i}$) у міських стічних водах знаходять за даними екологічних служб, або формулою:

$$C_{ср.i} = \frac{C_1 q_1 + C_2 q_2 + C_3 q_3 + C_4 q_4}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}, \quad (8.26)$$

де $C_{ср.i}$ – середня концентрація відповідного забруднення, мг/дм³ (мг/л);

C_1, C_2, C_3, C_4 – відповідно концентрація одного виду забруднення у стічних водах підприємств промвузла та господарсько-побутових стічних вод, мг/дм³;

q_1, q_2, q_3 – відповідно, витрати виробничих стічних вод що підлягають очищенню на міських очисних спорудах (МОС), м³/добу;

q_4 – сумарна витрата господарсько-побутових стічних вод від трьох підприємств і населення міста ($q_4 = \sum_1^4 Q_{zn}$), м³/добу.

Усі значення витрат стічних вод потрібно брати для розрахунку з балансової схеми промвузла (рис. 8.3).

Визначене за формулою значення $C_{cp.i}$ необхідно зіставити з нормативними вимогами до концентрації забруднень які надходять з міськими стічними водами на очисні споруди (табл. 5.7).

Допустиму концентрацію завислих речовин в очищених на МОС стічних водах, що скидаються в річку ($C_{дзр}$), визначають за формулою:

$$C_{дзр} = C_n \left(\frac{\gamma Q}{q_{ck}} + 1 \right) + C_p, \text{ мг/дм}^3, \quad (8.27)$$

де $C_{дзр}$ – допустиме збільшення вмісту завислих речовин у річковій воді після скиду стічних вод, мг/дм³;

C_n – нормативна, концентрація завислих речовин (для першого виду водокористування приймають рівним 0,25 мг/дм³, для другого виду водокористування – 0,75 мг/дм³);

C_p – концентрація завислих речовин у річковій воді до скиду стічних вод (у фоновому створі), мг/дм³.

Необхідну ефективність видалення завислих речовин на міських спорудах біологічного очищення визначають за формулою:

$$E_{iMOС} = \frac{C_{cp} - C_{д.зр}}{C_{cp}} \cdot 100, \%, \quad (8.28)$$

де $E_{iMOС}$ – необхідна ефективність очищення і-го (певного) забруднення на МОС, %;

$C_{доп i}$ – допустима концентрація і-го забруднення, мг/дм³.

Для визначення допустимої концентрації хімічних речовин у стічних водах які надходять на міські очисні споруди потрібно користуватись додатками М та Н або визначати аналітичними методами. Вони нами будуть розглянуті нижче.

Допустиму концентрацію забруднень, яку знаходять за показником БПК ($L_{дон}$), можна розрахувати за формулою:

$$L_{дон} = \frac{\gamma Q}{q_{ck} \cdot 10^{-K_{cm} \cdot t}} (L_{2.д} - L_p \cdot 10^{-K_p \cdot t}) + \frac{L_{2д}}{10^{-K_{cm} \cdot t}}, \quad (8.29)$$

де K_{cm} і K_p – константи швидкості споживання кисню відповідно стічною та річковою водою;

Q – розрахункова витрата води річки, що бере участь у змішуванні, м³/с;

t – тривалість переміщення води від місця спуску стічних вод до розрахункового пункту, діб;

Константу K_p визначають залежно від прийнятої у проекті температури води, використовуючи дані таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 – Значення константи швидкості споживання кисню річковою водою

Т, °С	0	5	10	12	15	18	20	22	25	30
K_p	0,04	0,05	0,063	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,126	0,158

Можна прийняти $K_{cm} = K_p$, коли відсутні аналогічні показники для розглянутої якості стічних вод промвузла. Якщо частка промислових стічних вод у загальному стоці, що надходить на МОС (див. розділ 5.2), не перевищує 0,3 (30 %), то можна прийняти $K_{cm} = K_p = 0,1$.

Чисельне значення тривалості переміщення води до контрольного створу (t) знаходять за формулою:

$$t = \frac{L}{v_{cp} \cdot 86400}, \text{ діб}, \quad (8.30)$$

де L – відстань по осі потоку до контрольного створу, м;

v_{cp} – середня швидкість річкової води, м/с;

$L_{з.д}$ – для водойм, які використовуються з метою господарсько-питного водопостачання для населення, підприємств харчової промисловості чи рибогосподарських потреб, приймається рівним 3,0 мг/л, для рекреаційних та інших цілей – 6,0 мг/л (див. табл. 5.1);

L_p – БПК_п річкової води до місця скиду стічних вод. Визначають за додатком Ж.

Необхідний ступінь очищення стічних вод від забруднень $E_{МОС}$, % встановлений за формулою (8.28) не повинна перевищувати нормативні.

Якщо $E_{з.р.МОС} \geq 95\%$, $E_{БПКМОС} \geq 96\%$ – необхідно визначити вихідну концентрацію забруднень ($C_{срзр.}$, $C_{ср.БПК}$), допустиму для МОС з урахуванням збереження вимог до очищеної води або передбачити доочищення для усіх стічних вод, що надходять на МОС.

Далі виконують перевірку забезпеченості річкової води розчиненим киснем (не менше 4 мг/л), який витрачається для окислювання органічних забруднень суміші річкової та стічної води. Розрахункову максимально допустиму концентрацію забруднень, що визначаються за показником БПК, яка забезпечується нормованим кисневим режимом ріки, установлюють без урахування реаерації за формулою:

$$C_{БПК} = \frac{2,5\gamma Q}{q_{ск}}(O_p - 0,4 L_p - 4) - 10, \text{ мг/л}, \quad (8.31)$$

де γQ – розрахункова витрата води річки, що бере участь у змішуванні, м³/с;
 O_p – вміст розчиненого кисню в річковій воді до місця скиду стічних вод, мг/л чи г/м³, приймають відповідно до прийнятої температури води (табл. 2.8);
 L_p – значення повної біологічної потреби кисню річкової води до скиду стічних вод, мг/л чи г/м³;

0,4 – коефіцієнт для перерахування повного споживання кисню в дводобове;

4 – найменша концентрація розчиненого кисню, що повинна залишитися у воді водойми в зоні забруднення нижче спуску стічних вод;

10 – коефіцієнт, отриманий під час розв'язання рівняння кисневого балансу річкової води при спуску стічних вод.

Коли виявиться, що $C_{БПК} < L_{дон}$, то всі стічні води, які надходять у водний об'єкт, повинні доочищатися до концентрації $C_{БПК}$.

Після визначення переліку токсичних речовин, що присутні у стічних водах підприємств промвузла, узятися до розрахунку гранично допустимої концентрації (ГДС) цих речовин в очищених на МОС стічних водах, які скидаються у водний об'єкт, за формулою:

$$C_{т.р} = (n - 1)(C_N - C_P) + C_N, \quad (8.32)$$

де $C_{т.р}$ – допустима концентрація токсичної речовини в очищених міських стічних водах, мг/л;

C_N – ГДК токсичної речовини у контрольному створі річки відповідного виду водокористування, мг/л;

C_P – фактична концентрація тієї самої речовини у воді водного об'єкта до скидання у нього стічних вод з даних очисних споруд, мг/л.

Її приймають відповідно до прийнятої якості води вододжерела.

Коли фактична концентрація токсичної речовини (C_P) у водному об'єкті перевищує нормативний показник (C_N), тобто $C_P > C_N$, то це означає, що вода об'єкта належить до класу забруднених. Рівняння (8.32) буде мати вигляд $C_{т.р} = C_N$. У цих умовах необхідно очищати стічні води від даної токсичної речовини до нормативного значення.

Оскільки токсичні речовини знижують також ефективність очищення, і навіть припиняють життєдіяльність мікроорганізмів очисних споруд, необхідно визначити фактичну концентрацію забруднення $C_{мсв}$ у суміші виробничих і господарсько-побутових стічних вод, що надходять на МОС, за формулою:

$$C_{мсв} = \frac{C_{т.р} \cdot 100}{100 - E_{\phi}}, \quad (8.33)$$

де E_{ϕ} – ефективність очищення токсичної речовини, %. Приймають за додатком М.

Для речовин які не видаляються у процесі біологічного очищення, концентрація у міських стічних водах, що надходять на МОС, не повинна перевищувати значення ГДК (дод. Л).

Якщо речовина знезаражується мікроорганізмами очисних споруд, то отримане значення C_{MCB} не повинно також перевищувати концентрацію цієї речовини, максимально допустимої для біологічного очищення C_{BOC} . У разі коли концентрація токсичної речовини (C_{MCB}) перевищує допустиму концентрацію для очисних споруд (C_{BOC}), тобто $C_{MCB} > C_{BOC}$, потрібно перерахувати C_{mp} прийнявши, що $C_{MCB} = C_{BOC}$, за формулою:

$$C_{mp} = \frac{C_{BOC} (100 - E_{\phi})}{100}. \quad (8.34)$$

Потім виконують розрахунок допустимої концентрації токсичної речовини у сумарній витраті виробничих стічних вод C_{BCB} :

$$C_{BCB} = \frac{Q}{q} (C_{MCB} - C_{гноб}) + C_{гноб}, \quad (8.35)$$

де Q – витрата міських стічних вод (суміш господарсько-побутових вод від населення міста та виробничих), що містять дану токсичну речовину), м³/добу;

q – сумарна витрата виробничих стічних вод, що містять дану токсичну речовину, м³/доб;

$C_{гноб}$ – концентрація токсичної речовини у господарсько-побутових стічних у водах, мг/л, визначається за додатком Н.

За відсутності даних приймають $C_{гноб} = 0$.

Отримане значення C_{BCB} для розглянутої речовини є нормативним для всього басейну каналізування і контролюється структурами Водоканалу.

Величину ГДС знаходять за формулою:

$$P = C_{BCB} \cdot \frac{q_i}{24}, \quad (8.36)$$

де P – ГДС токсичної речовини допустимий для скиду зі стічними водами підприємства в систему водовідведення міста, г/год;

q_i – витрата стічних вод підприємства, що містять токсичну речовину, м³/добу (на балансових схемах $Q_{n/o}$).

ГДС токсичних речовин відображається в договорах підприємств з Водоканалами міст і контролюється органами СЕС та Міністерства екології та природних ресурсів.

8.5 Економічна оцінка водозберігальних природоохоронних інженерно-технічних рішень

8.5.1 Розрахунок відвернутого економічного збитку

Розрахунок виконують відповідно до «Тимчасової типової методики визначення економічної ефективності здійснення заходів і оцінки економічного збитку, заподіяного народному господарству забрудненням навколишнього середовища».

Економічний ефект (E_k) досягається внаслідок зменшення збитку від річного скидання забруднень у водний об'єкт. Визначають за формулою:

$$E_k = Z_1 - Z_2, \text{ тис. грн.} \quad (8.37)$$

де Z_1 і Z_2 – відповідно збиток до й після впровадження природоохоронних заходів.

Економічну оцінку річного збитку (Z_p) від скидання забруднювальних домішок у річку виконують за формулою:

$$Z_p = \gamma \cdot a_k \cdot M, \text{ тис. грн.}, \quad (8.38)$$

де γ – питомі витрати за скид забруднень, грн/ум. т.;

a_k – константа для ділянки річки куди відбувається скид (табл. 8.9).

M – приведена маса річного скидання забруднень у водогосподарчу ділянку ріки, ум.т/рік, чисельне значення якої знаходять за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (8.39)$$

де A_i – показник відносної небезпеки скидання i -ї речовини в річку, ум.т/т;

m_i – загальна маса річного скидання i -го забруднення, т/рік;

n – число видів забруднень.

Загальну масу річного скидання забруднюючих речовин визначають за формулою:

$$m_i = \frac{C_i \cdot q_{ck} \cdot 365}{1 \cdot 10^6}, \text{ т/рік}, \quad (8.40)$$

де C_i – допустима концентрація i -тої забруднювальної речовини в очищених на МОС стічних водах, мг/л. Приймають розрахункові значення, які наведені в розділі 8.4.2 (формули (8.27), (8.29) чи (8.31), (8.32)). Розрахунки виконують для всіх токсичних речовин, які містяться в стічних водах;

$q_{ск}$ – витрата очищених на МОС стічних вод, м³/добу. Приймають при розрахунку Z_2 за даними балансової схеми промвузла (рис. 8.3).

Таблиця 8.8 – Значення константи А для деяких забруднювальних речовин

№ з/п	Найменування забруднюючих речовин	ГДК для річок, г/м ³		А, ум.т/т
		рибогосподарського значення	господарсько-питного значення	
1	Завислі речовини	20	–	0,050
2	Нафта і нафтопродукти	0,50	–	2
3	Азот загальний	–	10	0,100
4	БСК	3,00	–	0,330
5	Сульфати	–	500	0,002
6	Хлориди	–	350	0,003
7	Ціаніди	0,05	–	20
8	Формальдегід	0,10	–	10
9	Мідь	0,01	–	100
10	Цинк	0,01	–	100
11	Миш'як	0,05	–	20

При розрахунку V_1 витрати стічних вод $q_{ск}$ визначають за формулою:

$$q_{ск} = Q_{МОС} - P_{осМОС} = \sum_1^3 Q_{по.} + \sum_1^4 Q_{зпоб} - P_{осМОС}. \quad (8.41)$$

Константа a_k характеризує існуючий стан водотоку. Має значення у межах від 0,15 (р. Лена в районі м. Якутська) до 3,79 (р. Сіверський Донець).

Константу a_k приймають за даними таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Константа a_k для басейнів деяких річок України

Басейни річок	Область	a_k
р. Дністер	Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська	1,84
р. Дніпро	Рівненська, Волинська, Хмельницька, Житомирська, Чернігівська, Київська, Тернопільська, Сумська	1,75
р. Дніпро для областей в районі Каховського гідровузла	Київська, Черкаська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська, Донецька	2,33
р. Дністер, гирло	Херсонська, Дніпропетровська	0,99
р. Сіверський Донець, гирло	Харківська, Луганська, Донецька	3,79
р. Південний Буг, гирло	Черкаська, Хмельницька, Вінницька, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська	2,6
річки Криму	–	1,64
Інші річки України	–	1,5–2,5

Чисельне значення показника відносної небезпеки (A) знаходять за даними таблиці 8.8 чи за формулою (8.42), якщо константа такої забруднюючої речовина в таблиці 8.8 відсутня:

$$A_i = \frac{1}{ГДК_i}, \text{ ум.т/т}, \quad (8.42)$$

де ГДК – гранично допустима концентрація токсичної речовини у воді річки відповідного виду водокористування. Її приймають за даними таблиці додатку И.

Розглянуті в цьому розділі питання мінімізації впливу на гідросферу водогосподарського комплексу на урбанізованій території повинна сприйматись у сучасному містобудуванні, як система забезпечення оптимального стану природного середовища й безпеки життєдіяльності людей.

ПІСЛЯМОВА

У глобальному вимірі, у сучасних умовах стрімкого переходу суспільства до сталого розвитку населених пунктів і благоустрою територій, який забезпечує збалансований розвиток соціально-економічних завдань, проблем збереження та екологічної реконструкції навколишнього середовища й природно-ресурсного потенціалу, надзвичайно актуальними є практичні питання розвитку водогосподарського комплексу України. Саме водогосподарський комплекс може стати на ближню перспективу стримуючим фактором розвитку всього народногосподарського комплексу країни у зв'язку з дефіцитом води в певних регіонах та нераціональним її використанням, а в окремих випадках вирішальним фактором розвитку продуктивних сил.

Звичайно, що на законодавчо-нормативному рівню ці питання у переважній більшості вирішені, але в практичній площині реалізація положень Водного кодексу України, зокрема науковому й навчальному рівнях, ще значно відстає від сучасних вимог.

У монографії автори зробили спробу об'єктивно відобразити складність і багатогранність проблем, які виникають у процесі екологічної реконструкції промислових зон міських територій, потребують від фахівців широкого кругозору, глибоких знань і наукового супроводу для прийняття рішень. З метою розуміння всього комплексу питань і практичного застосування фахівцями відповідних спеціальностей і студентами навчальних закладів, наукові досягнення з цього напрямку систематизовані та структуровані. Матеріал подається у відповідності до діючої в Україні нормативно-правової і наукової основи, визначає головні невідкладні напрямки оптимізації шляхів реалізації концепції сталого розвитку міст.

Використання води для потреб населення зачіпає всі компоненти навколишнього середовища – ґрунти, повітря, рослинний і тваринний світ, а тому питання охорони водних ресурсів від забруднення повинні розглядатись у комплексі з питаннями охорони та збереження біосфери. Це вимагає від фахівців вирішувати у далекій і короткостроковій перспективі такі невідкладні завдання:

- координувати та взаємо ув'язувати в процесі галузевого й територіального планування і реалізації шляхів розвитку інженерно-технічної інфраструктури, впровадження енергозберігальних технічних засобів подачі й розподілення води по території з розвитком природно-антропогенних, екологічних і соціально-економічних систем на всіх адміністративно-господарських рівнях;

- формувати територіально-виробничі комплекси у промисловій зоні міст із повторним використанням поверхневих і господарсько-побутових стічних вод після спеціального очищення;

- запроваджувати зворотне водопостачання для технічних потреб з використанням, насамперед, промислових стічних вод категорій нормативно чистих без очищення, нормативно очищених, поверхневого стоку з території промплощадок та істотно скоротити споживання чистої води із водних об'єктів;

- впроваджувати, реконструювати й модернізувати діючі очисні споруди з метою очищення всіх категорій стічних вод, зокрема води, які скидаються у водні об'єкти без очищення, або недостатньо очищених, до встановлених нормативів і багаторазового їх використання в системах охолодження або інших потреб (пожежотушіння тощо), зменшення валового скиду забруднень у водні об'єкти;

- стандартизувати технологію очищення та склад очисних споруд для міських і промислових стічних вод, які будуть забезпечувати нормативні вимоги щодо якості очищених вод;

- забезпечити на всіх рівнях дієвий моніторинг якості поверхневих вод відомствами СЕС, екоінспекціями, гідрометом та іншими структурами контролюючої системи держави та посилити відповідальність службових осіб за порушення інструкцій і законодавства;

- спрямувати наукові дослідження на розробку питомого водокористування у виробництві різного виду продукції за сучасними технологіями та новітньому устаткуванні;

- розробити програмне забезпечення для оцінки можливості формування різних варіантів територіально-виробничих комплексів для міст і регіонів України з екологічною й економічною їх оцінкою, та обґрунтуванням антропогенного навантаження на екосистеми басейнів річок.

- виконувати на регіональному й місцевому рівнях архітектурно-планувальні завдання з озеленення міських поселень і організації санітарно-захисних смуг, які виникають у процесі формування промислових вузлів і комплексів, включно з розчисткою русел річок для відновлення біопродуктивності водних об'єктів.

- прискорити запровадження екологічного аудиту на території держави з метою визначення відповідності якості екологічного стану в регіонах, містах, промислових зонах існуючим екологічним стандартам і оперативного вирішення проблемних питань.

У монографії узагальнені результати теоретичних і практичних напрацювань науковців, зокрема авторів, за порівняно великий проміжок часу, які будуть корисними для фахівців, що працюють над вирішенням благородної справи – захисту навколишнього середовища від впливу наступальних урбанізаційних процесів. Змістовна частина та велика кількість довідкового й нормативного матеріалів можуть бути використані у навчальному процесі студентами та викладачами. Системна подача матеріалу дає змогу використовувати окремі розділи для укладання методичних рекомендацій із виконання курсових робіт і практичних завдань та формування тест-завдань і тестів для контролю знань і вмінь студентів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алферова Л. А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов, районов. / Л. А. Алферова, А. П. Нечаев. — М.: Стройиздат, 1984. — 272 с.
2. Водний фонд України : Штучні водойми–водосховища і ставки: довідник / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. — Київ : Інтерпрес, 2014. — 164 с.
3. Водні ресурси на рубежі ХХІ ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / За редакцією академіка УЕАН, д.е.н., професора М. А. Хвесика. — Київ : РВПС України НАН України, 2005. — 564 с.
4. Водне господарство в Україні / За ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. — Київ : Генеза, 2000. — 455 с.
5. Водний кодекс України : від 6 черв. 1995 р. №213/95-ВР // Кодекси України. — 2013. — № 9. — С. 3-76.
6. Водоподготовка : справочник / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С. Е. Беликова. — М. : Аква-Терм, 2007. — 240 с.
7. Водоснабжение / А. Я. Найманов, С. Б. Никиша, Н. Г. Насонкина [та ін.]. — Донецк : Норт-Пресс, 2004. — 649 с.
8. Водоснабжение, водоотведение и улучшение качества воды / [С. С. Душкин, А. В. Гриценко, Н. В. Внукова, Е. Б. Сорокина]. — Харьков : ХНАДУ, 2003. — 152 с.
9. Волошкіна О. С. Питання екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів / О. С. Волошкіна, Є. О. Яковлєв, В. М. Удод ; Рада нац. безпеки і оборони України. Ін-т пробл. нац. безпеки. — Київ, 2007. — 139 с.
10. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневський. — Київ : ВІПОЛ, 2000. — 376 с.
11. Герасимчук З. В. Еколого-економічні основи водокористування в Україні / З. В. Герасимчук, Я. О. Мольчак, М. Ф. Хвесик. — Луцьк : Надстир'я. — 2000. — 364 с.
12. Гриценко Ю. М. Комплексне використання та охорона водних ресурсів : Навчальний посібник / Ю. М. Гриценко. — Рівне, 1997. — 247с.
13. ДБН В.2.5–64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. — Чинний від 2013-03-01. — Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. — 113 с.
14. ДБН В.2.5–74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. — Чинний від 2014-01-01. — Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2013. — 287 с.
15. ДБН В.2.5–75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. — Чинний від 2014-01-01. — Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2013. — 210 с.

16. ДСанПіН 2.2.4–171–10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. — Чинний від 2010-05-12. — Київ, 2010. — 25 с.
17. Екологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник / О. І. Бондар, М. П. Горох, Е. Ю. Шевченко [та ін.] ; за ред. О. І. Бондара і В. О. Ткачова. — Київ – Харків : ХНАМГ, 2010. — 477 с.
18. Жук В. Н. Оценка интенсивности водопользования в харьковской области / В. Н. Жук // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, № 1147. Серія «Екологія». — 2015. — Вип. 12. — С. 62-68.
19. Жук В. М. Інтегральна оцінка сучасного якісного стану р. Сіверський донець у межах Харківської області / В. М. Жук, Г. В. Коробкова // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. — 2015. — № 1-2 — С. 103-109.
20. Журба М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. — М. : АСВ, 2004. — 496 с.
21. Карюхина Т. А. Химия воды и микробиология / Т. А. Карюхина, И. Н. Чурбанова. — М. : Стройиздат, 1995. — 208 с.
22. Квашук Л. П. Аналіз стану та використання водних ресурсів України / Л. П. Квашук, М. Г. Пічкур // Вода і водоочисні технології. — 2002. — № 2-3, — С. 30-32
23. Ковалева Е. А. Способы улучшения качества питьевой воды / Е. А. Ковалева, М. В. Солодовник, В. А. Ткачев // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. — 2005. — Одеса : ОДАБА. — Вип.19 — С.97 — 102.
24. Крамаренко Л. В. Технологія очищення природних вод : Навчальний посібник / Л. В. Крамаренко. — Харків : ХНАМГ, 2008. — 145 с.
25. Кравченко М. В. Фізико-хімічний аналіз природної питної води різних джерел водопостачання / М. В. Кравченко. Екологічна безпека та природокористування. — 2015. — № 3(19). — С. 52–60.
26. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач, В. П. Кучерявий. — Киев : Высш.шк., 1981. — 327с.
27. Кучерявий В. П. Урбоекологія / В. П. Кучерявий. — Львів : Світ, 1999. — 320 с.
28. Левківський С. С. Раціональне використання і охорона водних ресурсів : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / С. С. Левківський, М. М. Падун. — Київ : Либідь, 2006. — 280 с.
29. Митченко Т. Е. Проблемы качества питьевой воды в Украине / Т. Е. Митченко, Н. В. Макарова // Вода і водоочисні технології. — 2001. — №1. — С.22–23.
30. Мошель М. В. Раціональне використання та охорона водних ресурсів: курс лекцій / М. В. Мошель, О. О. Шевченко. — Чернігів : ЧДІЕУ, 2011. — 367 с.
31. О необходимости коренного изменения стратегии водоснабжения городов Украины // [Н. Я. Берещук, И. Б. Дмитриев, В. Е. Некос., А. Н. Крайнюкова] // Вода и здоровье — 2000 : сб. научных статей. — Одесса, ЦИТЭИ. — 2000. — С. 27–33.

32. Поршневу В. Н. Улучшение качества питьевой воды / В. Н. Поршнев, О. Е. Благова // Водоснабжение и санитарная техника. — 2009, № 10 ч. 1. — С. 19–23.
33. Про питну воду та питне водопостачання : Закон України від 10 січ. 2002 р. №2918-III // Відомості Верховної Ради України. — 2002. — № 16. — С. 112.
34. Про внесення змін до Закону України "Про питну воду та питне водопостачання" : Закон України від 18 листоп. 2004 р. №2196-IV // Голос України. — 2004. — 28 груд. — С. 11.
35. Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006–2020 роки : Закон України від 3 берез. 2005 р. №2455-IV // Голос України. — 2005. — 15 квіт. — С. 10–12.
36. Про внесення змін до Закону України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2020 роки» : Закон України від 20 жовт. 2011 р. №3933-VI // Відомості Верховної Ради України. — 2012. — № 24. — С. 247.
37. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року : Закон України від 24 трав. 2012 р. №4836-VI // Відомості Верховної Ради України. — 2013. — № 17. — С. 146.
38. Про затвердження змін до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» : наказ від 15 серп. 2011 р. №505 / М-во охорони здоров'я України // Офіційний вісник України. — 2011. — № 70. — С. 28.
39. Про затвердження змін до Правил користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України : наказ від 27 берез. 2012 р. №131 / М-во регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Офіційний вісник України. — 2012. — № 33. — С. 127.
40. Сучасний екологічний стан Української частини річки Сіверський Донець (експедиційні дослідження) / А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, А. В. Колісник [та ін.] — Харків : ВПП «Контраст». — 2011. — 340 с.
41. Теоретические основы очистки воды / Н. И. Куликов, А. Я. Найманов, Н. П. Омельченко [та ін.]. — Макеевка : ДГАСА, 1999. — 277 с.
42. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. — М. : Стройиздат, 1982. — 528 с.
43. Формирование современной идеологии водообеспечения городов Украины : сб. трудов. Захист докiлля вiд антропогенного навантаження / [М. Я. Берещук, И. Б. Дмитриев, В. Е. Некос, А. С. Никифоров]. — Харків – Кременчук, 2000. — Вип. 2 (4). — С. 88–96.
44. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти : підручник / В. К. Хільчевський. — Київський національний університет ім. Тараса Шевченка. — Київ : ВПЦ «Київський університет», 1999. — 320 с.

45. Хоружий В. П. Особливості системи водовідведення та очищення стічних вод в рекреаційних зонах / В. П. Хоружий, Р. О. Ніколова, І. П. Недашковський, А. В. Василюк // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. — 2016. — Вип. 27. — С. 391–400.

46. Экология города: Учебник для вузов / Под ред . Ф. В. Стольберга. — Київ : Либра, 2000. — 464 с.

47. Яковлев С. В. Водоотводящие системы промышленных предприятий / С. В. Яковлев. — М. : Стройиздат, 1990. — 511 с.

48. Яковлев С. В. Рациональное использование водных ресурсов / С. В. Яковлев. — М. : Высш. шк., 1991. — 400 с.

49. Яцик А. В. Экологические основы рационального водопользования / А. В. Яцик. — Київ : Генеза, 1997. — 640 с.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Агресивність води – здатність води й розчинених у ній речовин руйнувати шляхом хімічного впливу різні матеріали.

Аеробний процес очищення води – процес розкладу органічних речовин, які містяться у воді, мікроорганізмами в присутності кисню.

Аналіз води – визначення фізичних, хімічних, біологічних, санітарно-токсикологічних та інших властивостей і складу води.

Басейн водозбірний – частина земної поверхні та товщі ґрунтів і порід, з яких вода стікає у водотік або водойму.

Безстічна технологія виробництва – сукупність прийомів і способів одержання, обробки та переробки сировини, матеріалу, напівфабрикатів або виробів, при яких не утворюється стічна вода.

Біогенні елементи – хімічні елементи необхідні для життєдіяльності організмів (найважливіші з них – кисень, вуглець, водень, азот, фосфор, сірка, кальцій, калій, натрій, хлор, кремній, залізо, марганець).

Біогенні речовини у воді – мінеральні речовини, які найактивніше беруть участь у життєдіяльності водних організмів (найважливіші з них сполуки азоту, фосфору, кремнію, заліза та деяких мікроелементів)

Біологічна очистка стічних вод – вилучення за допомогою гідробіонтів, розчинених та завислих у стічній воді речовин і перетворення органічних речовин, які містяться у воді, у мінеральні за допомогою мікроорганізмів.

Біохімічне окислення – процес бактеріального розкладу й окислення органічних речовин до діоксиду вуглецю, амонійного, нітратного, нітратного, фосфатного, сульфатного іонів, кремнієвої кислоти, вільного азоту й інших кінцевих продуктів.

Біохімічне споживання кисню (БСК) – кількість розчиненого кисню, витрачена на біохімічне окислення речовин, які містяться у воді, за певний проміжок часу та за певних умов.

Бризкальний басейн – споруда, що включає бризкальні охолоджувачі й резервуар для збору води.

Бризкальний охолоджувач – пристрій, який складається з системи водорозподільних трубопроводів і сопел, забезпечуючи охолодження води розбризкуванням у повітрі.

Виснаження вод – зменшення кількості води, яка протікає у водному об'єкті або погіршення її якості, що відбувається під впливом діяльності людини й має стійку направленість.

Витрата води – кількість води яка протікає крізь поперечний переріз потоку за одиницю часу, виражається в кубічних метрах за секунду ($\text{м}^3/\text{с}$), для малих водотоків – у літрах за секунду ($\text{л}/\text{с}$).

Відтворення водних ресурсів – переведення важкодоступних і недоступних для використання водних ресурсів у доступні й найзручніші для використання.

Властивості води - сукупність фізичних, хімічних, біологічних, санітарно-токсикологічних, органолептичних та інших характеристик води.

Вода – хімічна сполука водню з киснем, складається із 11,11 % водню і 88,89 % кисню (за вагою).

Вода зворотна (оборотна) – вода, що повертається за допомогою технічних засобів і споруд із господарської ланки кругообігу в його природні ланки у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної чи дренажної.

Вода зворотна (стічна, скидна, дренажна) забруднена – неочищена зворотна вода, склад та властивості якої не відповідають встановленим нормативним вимогам.

Вода зворотна (стічна, скидна, дренажна) недостатньо очищена – зворотна вода, що пройшла очищення, але все-таки не відповідає встановленим нормативним вимогам. щодо ступеня цієї очистки.

Вода зворотна (стічна, скидна, дренажна) нормативно очищена – зворотна вода, що пройшла очищення до встановлених нормативів.

Вода зворотна (стічна, скидна, дренажна) нормативно чиста – зворотна вода, що не проходила очищення та не потребує її, склад та властивості якої відповідають встановленим нормативним вимогам.

Вода питна, призначена для споживання людиною (питна вода) – вода, склад якої за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними та радіаційними показниками відповідає вимогам державних стандартів та санітарного законодавства (з водопроводу – водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), призначена для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання питної води.

Вода поливально-мийна – вода, яка подається на впорядкування території міської та промислової забудови для її поливання та миття.

Вода продувна – вода, яку скидають із системи оборотного водопостачання під час її продування та заміняють додатковою водою для підтримки складу та властивостей оборотної води в певних межах.

Вода промивна – вода, що використовується в цілях промивки в тому числі для промивки фільтрів.

Вода свіжа – вода, забрана з водного об'єкта.

Вода скидна – вода, яка відводиться від зрошуваних сільсько – господарських угідь і забудованих територій, що поливаються, а також вода, відведена від ділянок, на яких застосовується гідромеханізація

Вода стічна – вода, що утворилася в процесі господарсько – побутової та виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної та дренажної), а також та, що стікає із забрудненої території при атмосферних опадах.

Вода стічна виробнича – стічна вода, яка утворюється в процесі виробництва, включає промислову та сільськогосподарську воду.

Вода стічна господарсько-побутова – стічна вода, що відводиться від житлових будинків, лазень, пралень, їдалень та інших об'єктів комунального господарства.

Вода стічна дощова (снігова) – стічна вода, яка утворюється внаслідок стоку дощової води із забудованої території або стоку від танення на ній снігу.

Вода стічна міська – суміш господарсько-побутової, виробничої та дощової (снігової) стічних вод, а також поливної води від поливання й миття міських територій, що надходять у міську каналізацію.

Вода стічна промислова – стічна вода від технологічних операцій на промислових підприємствах.

Вода технічна – крім питної, мінеральної та промислової придатна для використання в господарстві.

Вода технологічна – вода яка придатна для використання в технологічних процесах на виробництві.

Води поверхневі – води, які містяться на поверхні суші у вигляді різних водних об'єктів.

Води природні – води, які містяться в складі природних ланок круговороту води в природі.

Води прісні – природні води з мінералізацією до 1 г/м^3 .

Води річкові – води, які входять у склад річкової ланки колообігу води в природі.

Водне господарство – виробнича й природоохоронна система, метою функціонування якої є забезпечення потреб населення, промислових і комунальних підприємств водою потрібної якості, у потрібному обсязі, режимі й місці використання, що здійснює відтворення водних ресурсів, їх охорону від забруднення, засмічення та виснаження, захист навколишнього середовища від шкідливого впливу вод.

Водневий показник – число, що характеризує концентрацію водневих іонів у воді (позначається символом **pH**).

Водний баланс – співвідношення за будь який інтервал часу прибутку, витрачання й акумуляції води для річкового басейну чи іншого водного об'єкта або певної території.

Водний об'єкт – сформоване природою або штучно створене скупчення води (річка, озеро, болото, море, водосховище, ставок, канал, водоносний горизонт).

Водний режим – зміна в часі рівнів і обсягів води у водних об'єктах.

Водогосподарський комплекс – складне системно-структурне утворення, яке охоплює водні ресурси, водокористувачів, органи управління та контролю та характеризується певною функціональною, галузевою та територіальною структурою.

Водойма – безстічний або зі сповільненим стоком водний об'єкт.

Водосховище – штучна водойма місткістю більше ніж 1 млн м^3 , збудована для створення запасу води та регулювання стоку.

Водотік – водний об'єкт (струмок, річка, канал), вода якого стікає в напрям похилу в заглибленні земної поверхні (руслі).

Втрати – збитки, втрати прибутку.

Гідравлічна крупність – швидкість рівномірного падіння твердої частки в безмежному просторі, зайнятому нерухомою рідиною при певній температурі.

Граничнодопустима концентрація речовин у воді (ГДК) – встановлений рівень концентрації речовин у воді, вище якого вода вважається непридатною для певних видів користування.

Граничнодопустимий скид речовин (ГДС) – маса речовин у стічній воді, що є максимально допустимою для скидання у водний об'єкт за одиницю часу.

Евтрофікація вод – збільшення біологічної продуктивності водних об'єктів унаслідок нагромадження у воді біогенних речовин (азоту, фосфору) під дією антропогенних або природних факторів.

Забарвленість – показник, що характеризує інтенсивність забарвлення води, яке зумовлене вмістом забарвлених органічних речовин.

Забруднення вод – насичення вод водотоків і водойм іншими речовинами та в таких кількостях або сполученнях, які погіршують якість води та зумовлюють несприятливі наслідки.

Забруднювальна речовина – речовина, що погіршує якість води.

Завислі речовини – частки мінеральної й органічної природи, які знаходяться в завислонесучому потоці, перевищуючі за розміром **0,1 мкм**.

Загальна жорсткість – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю в ній розчинених солей кальцію та магнію (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо).

Загальна лужність – показник, що характеризує властивість води зумовлену наявністю в ній аніонів слабких кислот, насамперед вугільної кислоти (карбонатів, гідрокарбонатів).

Запах – показник, що характеризує властивість води подразнювати рецептори слизових оболонок носа та синусних пазух, зумовлюючи відповідне відчуття.

Засмічення води – привнесення у водні об'єкти сторонніх нерозчинних предметів і матеріалів.

Знезараження води – процес знищення патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів шляхом впливу на них фізичних (ультрафіолетове випромінювання, ультразвук тощо), хімічних (хлор, гіпохлорит, озон, діоксид хлору, оксидантний газ тощо) та фізико-хімічних факторів.

Інфільтрація – проникнення (просочування) води в ґрунти та породи під дією сили тяжіння.

Каламутність – показник, що характеризує природну властивість води, зумовлену наявністю у воді завислих речовин органічного й неорганічного походження (глини, мулу, органічних колоїдів, планктону тощо).

Коефіцієнт звивистості річки – відношення довжини річки, виміряної по карті, до суми відрізків прямих, що з'єднують початок і кінець одноманітно орієнтованих ділянок річки.

Кольоровість води – показник, що характеризує інтенсивність забарвлення (кольору) води.

Комплекс територіально-виробничий (ТВК) – група підприємств і установ які виконують певну народногосподарську функцію та поєднаних між собою, крім виробничих зв'язків й інфраструктури, спільним використанням

території, природних і трудових ресурсів, що знаходяться на конкретній території.

Комплексне використання водних ресурсів – використання водних ресурсів для задоволення потреб населення і різних галузей господарства, при якому знаходять економічно виправдане застосування багато корисних властивостей того чи іншого водного об'єкта.

Ліміт забору води – граничний обсяг забору води з водних об'єктів який визначається дозволом на спеціальне водокористування.

Ліміт скиду забруднювальних речовин – граничний обсяг скиду забруднювальних речовин у поверхневі водні об'єкти, який назначається в дозволі на спеціальне водокористування.

Лімітуюча ознака шкідливості – показник, за яким встановлюється гігієнічний норматив шкідливої хімічної речовини у воді та який визначається за мінімальною концентрацією, яка впливає безпосередньо на організм людини (санітарно–токсикологічна ознака шкідливості), органолептичні властивості води (органолептична ознака шкідливості) чи процеси самоочищення водою (загально санітарна ознака шкідливості).

Межень (межений період) – період річного циклу, упродовж якого спостерігається низька водність.

Мікробіологічні показники – показники епідеміологічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини.

Мінералізація природних вод – сумарна концентрація та склад усіх знайдених при хімічному аналізі розчинених у воді мінеральних речовин.

Мутність води – фізична властивість води, обумовлена наявністю у воді завислих часток, яка призводить до зниження прозорості води.

Нітрати – солі азотної (нітратної) кислоти (HNO_3).

Нітрити – солі азотистої кислоти (HNO_2).

Органолептичні показники – (запах, смак і присмак, забарвленість, каламутність) – фізичні властивості питної води, що сприймаються органами чуття.

Паразитологічні показники – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення паразитарних інвазій у людини.

Перманганатна окиснюваність – кількість кисню, що потрібна для хімічного окиснення перманганатом калію легкоокиснюваних органічних і неорганічних речовин (солей двовалентного заліза, сірководню, амонійних солей, нітритів тощо), які містяться у 1 дм^3 води.

Ріка (річка) – водотік значних розмірів, що тече в розробленому ним руслі та живиться за рахунок поверхневих і підземних вод.

Регулювання стоку – перерозподіл у часі величини стоку відповідно до вимог водокористування, а також з метою боротьби з повінню.

Рівняння водного балансу – рівняння, що визначає кількісне співвідношення між складниками водного балансу.

Самоочищення вод – відновлення природної якості води водних об'єктів, яке відбувається природним шляхом унаслідок взаємодії фізичних, хімічних і біологічних процесів.

Санітарно–токсикологічні показники – хімічні показники, що нормуються за санітарно–токсикологічною ознакою шкідливості.

Смак і присмак – показники, що характеризують здатність наявних у воді хімічних речовин після взаємодії зі слиною подразнювати смакові рецептори язика та зумовлюють відповідні відчуття.

Ставок – штучно створена водойма місткістю не більше ніж **1 млн м³**.

Сухий залишок – показник, що характеризує кількість розчинених речовин, перед усім розчинених солей, у **1 дм³** води.

Теплове забруднення води – порушення норм якості води внаслідок надходження у водний об'єкт тепла.

Трофічність водойми – наявність поживних речовин та інших умов, необхідних для автотрофних рослин, особливо планктонних.

Фарватер – судновий хід на природних глибинах. огорожений знаками навігаційної обстановки.

Фонове розрахункове значення показника якості води – значення показника якості води у фоновому створі водойми або водотоку, обчислене стосовно конкретного джерела домішок за розрахункових гідрологічних умов з урахуванням впливу всіх джерел домішок за винятком цього джерела.

Хімічне споживання кисню (ХСК) – кількість розчиненого кисню, витрачена на хімічне окислення органічних і неорганічних речовин, які містяться у воді, під дією сильного окислювача – біхромату калія.

Цвітіння води – інтенсивний розвиток водоростей у водоймах, який зумовлює погіршення якості води і зміну її забарвлення.

Шорсткість русла водотоку – характеристика властивостей поверхні русла, що створюють опір рухові води.

Якість води – характеристика складу та властивостей води, яка визначає її придатність для певних видів використання.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А Найбільші озера і лимани України

Таблиця А.1 – Характеристика найбільших озер і лиманів

Озера і лимани	Розташування	Площа, км ²	Довжина, км	Максимальна ширина, км
Сасик (Кундук) (озеро)	Узбережжя Чорного моря	210,0	39,0	12,0
Тилігульський лиман	Узбережжя Чорного моря	135	60,0	4,5
Молочний лиман (Молочне озеро)	Узбережжя Азовського моря	170,0	32,0	8,0
Ялпуг (озеро)	Басейн Дунаю	149,0	39,0	5,0
Кагул (озеро)	Басейн Дунаю	90,0	25,0	8,0
Кугурлуй (озеро)	Басейн Дунаю	82,0	20,0	20,0
Сасик-Сиваш (озеро)	Кримський півострів	75,3	14,0	9,0
Хаджибейський лиман	Узбережжя Чорного моря	70,0	40,0	3,5
Шагани	Узбережжя Чорного моря	70,0	9	8
Катлабук (озеро)	Басейн Дунаю	67,0	21,0	11,0
Куяльницький лиман	Узбережжя Чорного моря	61,0	28,0	3,0
Китай (озеро)	Басейн Дунаю	60,0	24,0	3,5
Донузлав (озеро)	Кримський півострів	48,2	30,0	8,5
Айгульське	Кримський півострів	37	18	4,5
Будацький	Узбережжя Чорного моря	30	15	2,7
Світязь (озеро)	Басейн Бугу	27,5	9,3	4,8
Актаське	Кримський півострів	26,8	8	3,5
Узунларське	Кримський півострів	21,2	10	5,5
Кирлеуцьке	Кримський півострів	20,8	13,8	3,0
Тобечицьке	Кримський півострів	18,7	9,0	5,0
Пулемецьке	Басейн Бугу	16,3	6,0	3,6
Турське	Басейн Прип'яті	13,0	5,4	3,2

ДОДАТОК Б

Водосховища з об'ємом, який не перевищує 44 млн м³ води

Таблиця Б.1 – Характеристика водосховищ з об'ємом, який не перевищує 44 млн м³ води

Назва водосховища	Місце розташування	Нормальний підпертий рівень (НПР), м	Площа, км ²	Повний об'єм, млн м ³
Старобешківське	Р. Кальміус	92,0	9,0	44,0
Іскрівське	Р. Інгулець	75,0	11,2	40,7
Софіївське	Р. Інгул	39,5	4,7	36,0
Партизанське	Р. Альма	272,0	2,25	34,4
Жовтнєве	Р. Вітовська	42,5	4,25	31,0
Іршанське	Р. Ірша	185,0	6,91	30,2
Щедрівське	Р. Південний Буг	265,5	13,3	30,1
Клебан-Бикське	Р. Клебан-Бик	102,75	6,5	27,8
Загорське	Р. Кача	345,0	1,56	27,8
Теребля-Рікське	Р. Теребля	515,0	1,55	24,0
Станційне	Північно-Кримський канал	94,0	2,70	24,0
Фронтове	Північно-Кримський канал	94,0	2,7	24,0
Травянське	Р. Харків	—	5,92	22,2
Муромське	Р. Муром	—	4,08	14,0
Великобурлуцьке	Р. Великий Бурлук	—	4,10	14,2
Орільське	Р. Оріль	—	7,00	13,8
Олександрівське	Р. Мокрий Мерчик	—	3,52	11,4
В'ялівське	Р. В'ялий	—	1,70	10,0

ДОДАТОК В

Характеристика якості річкових вод

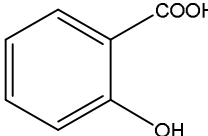
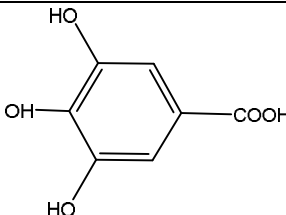
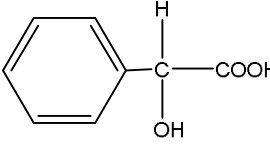
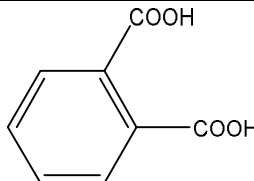
Таблиця В.1 – Узагальнена характеристика якості річкових вод

№ з/п	Показник	Одиниця вимірювання	Значення показника
1	Запах	бали	2–3
2	Кольоровість	град. ПКШ	15–60
3	Каламутність	мг/дм ³	12–1500
4	Завислі речовини	мг/дм ³	2,5–9,7
5	Температура	°С	10–24
6	рН	–	6,5–8,5
7	Загальний солевміст	мг/дм ³	80–1000
8	Загальна твердість	мг-екв/дм ³	1,5–8,2
9	Хлориди	мг/дм ³	17–800
10	Сульфати	мг/дм ³	60–500
11	Розчинений кисень	мг/дм ³	5,2–11,3
12	Окиснюваність	мгО/дм ³	3,5–9,5
13	ХСК	мгО/дм ³	8,3–42,7
14	БСК ₅	мгО ₂ /дм ³	2,3–9,1
15	Азот амонійний	мг/дм ³	0,3–1,6
16	Нафтопродукти	мг/дм ³	0,1–0,5
17	Залізо загальне	мг/дм ³	0,001–3
18	Цинк	мг/дм ³	0,01–0,06
19	Мідь	мг/дм ³	0,01–1
20	Марганець	мг/дм ³	0,01–4
21	Фторіди	мг/дм ³	0,3–0,5
22	Фенол	мг/дм ³	0,001 3–0,003
23	Токсичні речовини	визначаються за якістю промислових стічних вод	

ДОДАТОК Г

Органічні кислоти

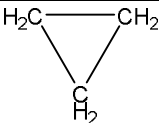
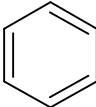
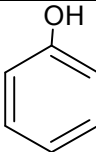
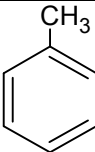
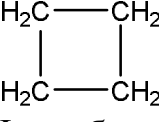
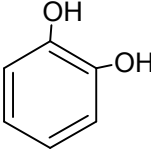
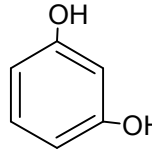
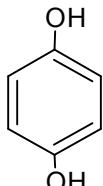
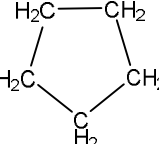
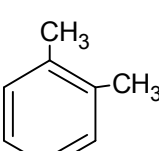
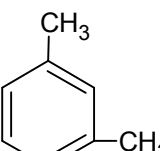
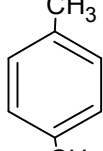
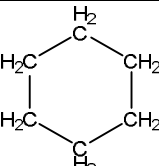
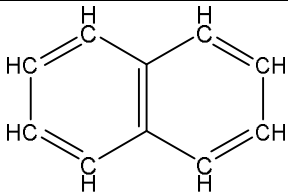
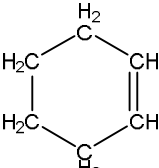
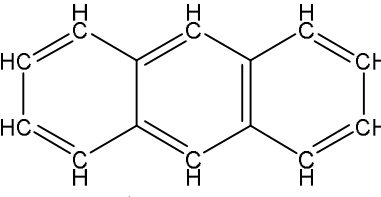
Таблиця Г.1 – Органічні кислоти – домішки природних вод з гетерофункціональними функціями

№ з/п	Назва кислоти	Структурна формула	Примітка
Аліфатичні гідроксікислоти			
1	Гідроксімурашина	HO-COOH	Одноосновна
2	Гліколева, гідроксіюцтова, (гідроксіетанова)	HO-CH ₂ -COOH	Одноосновна
3	Молочна, (гідроксіпропіонова)	H ₃ C-CH(OH)-COOH	Одноосновна
4	Яблучна, (гідроксібутандіонова)	HOOC-CH ₂ -CH(OH)-COOH	Двоосновна
5	Виноградна (2,3-дигідро-1,4-бутан-дікарбонова)	HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH	Двоосновна
6	Лимонна (2-гідроксі-1,2,3-пропан трикарбонова)	HOOC-CH ₂ -C(OH)(COOH)-COOH	Триосновна
Ароматичні гідроксікислоти			
7	Саліцилова		Розчинність у воді – 1,8 г/дм ³ при температурі 20 °С
8	Галова		Розчинність у воді – 1,65 г у 100 мл води при 25 °С
9	Мигдалева		Розчинність у воді – 1,16 г у 100 мл води при 25 °С
10	Фталева		Розчинність у воді – 0,24 г у 100 мл води при 14°С і 0,27 г при 20 °С

ДОДАТОК Д

Гранично-допустима концентрація органічних хімічних речовин циклічної структури у водних об'єктах

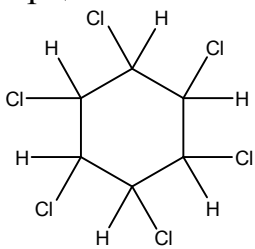
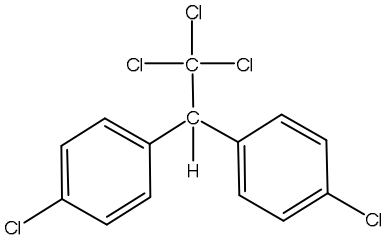
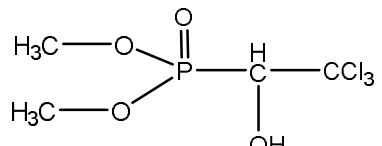
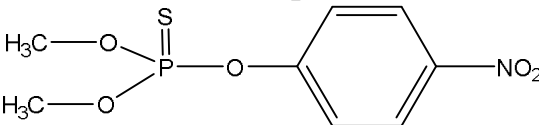
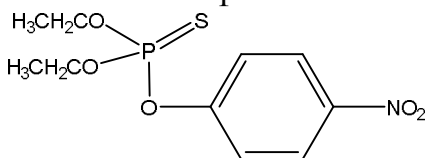
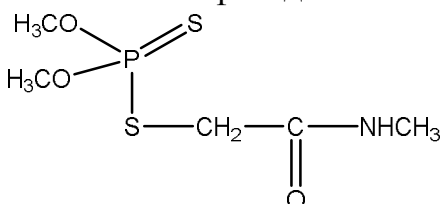
Таблиця Д.1 – Гранично-допустима концентрація (ГДК) органічних хімічних речовин циклічної структури у водних об'єктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування

Циклопарафіни		Ароматичні вуглеводи	
Назва, формула	ГДК, мг/дм ³	Назва, формула	ГДК, мг/дм ³
 Циклопропан	(газ) —	 а) бензол  б) фенол  в) толуол	а-0,01; б-0,001; в-0,01
 Циклобутан	(газ) —	Крезолі  Орто-  Мета-  Пара-	0,001
 Циклопентан	—	Ксилоли  Орто-  Мета-  Пара-	0,01
 Циклогексан	1,0	 Нафталін	0,01; 0,004 – у воді рибо- господ. водойми
 Циклогексен	0,02	 Антрацен	10,0

ДОДАТОК Е

Гранично-допустимі концентрації пестицидів у водоймах

Таблиця Е.1 – Гранично-допустимі концентрації (ГДК) пестицидів у воді водойм

№ з/п	Назва та хімічна формула пестициду	ГДК, мг/дм ³	Примітка
а) хлорорганічні інсектициди			
1	<p>Гексахлорциклогексан (ГХЦГ)</p> 	0,02	Препарат комплексної дії. Не рекомендується до використання
2	<p>Дихлордифеніл трихлорметилметан (ДДТ)</p> 	0,002	Для обробки сільськогосподарських культур не допускається
б) фосфорорганічні інсектициди			
1	<p>Хлорофос</p> 	0,05	Помірно токсичний
2	<p>Метафос</p> 	0,02	Токсичний для теплокровних організмів
3	<p>Тіофос</p> 	0,003	Помірно токсичний
4	<p>Фосфамід</p> 	0,03	Токсичний для теплокровних організмів

ДОДАТОК Ж

Гігієнічні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів

Таблиця Ж.1 – Гігієнічні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування

Показники складу і властивостей води водойм	Категорії водокористувачів	
	Для централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання харчових підприємств	Для купання, спорту та відпочинку населення, а також водойми у межах населених місць
1	2	3
Завислі речовини	Зміст завислих речовин не повинен збільшуватися більше ніж на:	
	0,25 мг/л	0,75 мг/л
	Для водойм, які мають у межах більше 30 мг/л природних мінеральних речовин, допускається збільшення змісту завислих речовин у воді в межах 5 % Завислі речовини зі швидкістю випадіння більше 0,4 мм/с. для проточних водойм і більше 0,2 мм/с для водосховищ спускати забороняється	
Плаваючі домішки (речовини)	На поверхні водойми не повинні виявлятися плаваючі плівки, плями мінеральних масел і скупчення інших домішок	
Запахи	Вода не повинна набувати незвичних їй запахів інтенсивністю більше 1 балу, які виявляються:	
	безпосередньо або при подальшому хлоруванні або інших способах обробки	безпосередньо
Забарвлення	Не повинно виявлятися у стовпчику:	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води внаслідок спуску стічних вод не повинна збільшуватися більше ніж на 3 °С порівняно з середньомісячною температурою найспекотнішого місяця року за останні 10 років	
Показник водню (рН)	Не повинен виходити за межі 6,5–8,5	
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1 000 мг/л, зокрема хлоридів 350 мг/л, сульфатів 500 мг/л	
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/л у будь-який період року, у пробі, відібраній до 12 години дня	
БСК повне	Не повинно перевищувати при 20 °С:	
	3,0 мгО ₂ /л	6,0 мгО ₂ /л
ХСК	Не повинно перевищувати:	
	15,0 мгО ₂ /л	30,0 мгО ₂ /л
Збудники захворювань	Вода не повинна мати збудників захворювань	
Лактозо позитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10 000 в л	Не більше 5 000 в л
Коліфаги	Не більше 100 в л	Не більше 100 в л

Продовження таблиці Ж.1

1	2	3
Життєдіяльні яйця гельмінтів, онкосфери тенід і життєдіяльні цисти патогенних кишкових простіших	Не повинні утримуватися в 1 л	
Хімічні речовини	Не повинні утримуватися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР	

ДОДАТОК И

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водойм

Таблиця И.1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового призначення

Речовина	ГДК, мг/л	Речовина	ГДК, мг/л
<i>За санітарно-токсикологічними показниками шкідливості</i>			
Анілін	0,1	Нітрохлорбензол	0,05
Арсен	0,03	Піридин	0,2
Бензол	0,5	Поліакриламід	2,0
Берилій	0,0002	Роданіди	0,1
Гексаметилендіамін	0,01	Ртуть	0,000 5
Гексахлорбензол	0,05	Свинець	0,03
Гексоген	0,1	Тетраетилсвинець	0
Нітрити, нітрати	10	Формальдегід	0,01
<i>За загальносанітарним лімітуючим показником шкідливості</i>			
Аміак (за нітрогеном)	2,0	Тринітротолуол	0,5
Диметилформамід	10,0	Фенол	0,001
Кадмій	0,001	Хлор активний	0
Капролактамі	1,0	Хлорбензол	0,02
Кобальт	0,1	Хлорофос	0,05
Мідь	1,0	Хром тривалентний	0,5
		шестивалентний	0,1
Нікель	0,1	—	—
Тіофос	0,003	Цинк	1,0
Толуол	0,5	Чотирихлористий вуглець	0,3
<i>За органолептичним лімітуючим показником шкідливості</i>			
Бензин	0,1	Залізо	0,5
Гас	0,1	Нафта з високим вмістом сірки, інша	0,1 0,3
Гексахлоран	0,02	—	—
Динітробензол	0,5	Нафтові кислоти	0,3
Дихлорбензол	0,002	Пікринова кислота	0,5
Дихлорфенол	0,002	Пропилен	0,5
Дихлоретан	2,0	Сірковуглець	1,0
ДДТ	0,1	Скипидар	0,2

ДОДАТОК К

Якість побутових стічних вод

Таблиця К.1 – Характеристика якості побутових стічних вод

№ з/п	Показник, забруднююча речовина	Одиниця вимірювання	Можлива концентрація
1	Завислі речовини	мг/л	120–500
2	БСК ₂₀	мгО ₂ /л	150–500
3	ХСК	мгО/л	200–1 300
4	Азот амонійний	мг/л	18–20
5	Жири	мг/л	30–50
6	Залізо загальне	мг/л	1–2
7	СПАР	мг/л	5–8
8	Мідь	мг/л	0,01–0,03
9	Цинк	мг/л	0,02–0,3
10	Фосфати	мг/л	5–28
11	Хлориди	мг/л	17–800
12	Сульфати	мг/л	60–500

ДОДАТОК Л

Речовини, які не вилучаються в процесі біологічної очистки

Таблиця Л.1 – Хімічні речовини, які не вилучаються в процесі біологічної очистки

Речовина	Лімітуюча ознака шкідливості	ГДК, мг/л	Речовина	Лімітуюча ознака шкідливості	ГДК, мг/л
1	2	3	1	2	3
а) при скиданні очищених стічних вод у водний об'єкт господарсько-питного використання					
Гексахлорбензол	Саніт.-токсикологічна	0,05	Гексахлоран	Органо-лептична	0,02
Диетилртуть	"-	0,0001	Дихлоретан	"-	2
Нітробензол	"-	0,2	Тетрахлоретан	"-	0,2
Нітрохлорбензол	"-	0,05	Трихлорбензол	"-	0,03
Тетрахлорбензол	"-	0,01	Триетаноламін	"-	1,4
Тетраетилсвинець	"-	Відсутність	Фурфурол	"-	1
Триетиламін	"-	2	Фосфамід	"-	0,03
Хлорбензол	"-	0,02	Етилбензол	"-	0,01
Циклогексан	"-	0,1	Сульфати (аніони)	"-	500
Чотирихлористий вуглець	"-	0,006	Хлориди (аніони)	"-	350
б) при скиданні очищених стічних вод у водний об'єкт рибогосподарського використання					
Меламін	Загально-санітарні.	Відсутність	Гексахлоран	Токсикологічна	Відсутність
Дихлоранілін	Органо-лептична	0,002	Диметилдихлорвініл фосфат	"-	"-
Дихлорбензол	"-	0,002	ДДТ	"-	"-
Диетиловий ефір	"-	0,3	Диетиланілін	"-	0,0005
Ізопрен	"-	0,005	Поліетиленамін	"-	0,001
Каптакс	"-	5	Хлорофос	"-	Відсутність
Карбофос	"-	0,05	Сульфати (аніони)	Саніт.-токсикологічна	100
Метафос	"-	0,02	Хлориди (аніони)	"-	300

ДОДАТОК М

Ефективність біологічної очистки хімічних речовин і їх ГДК у водних об'єктах

Таблиця М.1 – Ефективність біологічної очистки хімічних речовин, наявних в комунальних стічних водах і значення їх ГДК у водних об'єктах

Речовина	Лімітуюча ознака шкідливості	Ефективність видалення на спорудах біологічної очистки населеного пункту, %	ГДК у воді водного об'єкту	
			господарсько-питного використання, мг/л	рибо-господарського використання, мг/л
1	2	3	4	5
Акрилова кислота	Санітарно-токсиколог.	80	0,5	—
Амонійний азот	-"-	40	2,0	—
Анілін	-"-	95	0,1	0,000 1
Бутиловий спирт нормальний	-"-	9,5	0,1	0,03
Вінілацетат	-"-	40	0,2	—
Диметилацетат	-"-	98	0,4	—
Диетиламін	-"-	40	2	—
Кадмій	-"-	60	0,001	0,005
Кобальт	-"-	50	0,1	0,01
Крезол	-"-	40	0,04	—
Метанол	-"-	95	3	0,1
Метакрилова кислота	-"-	40	1	—
Метилметакрилат	-"-	80	0,01	—
Моноетанол-амін	-"-	60	0,5	0,1
Миш'як	-"-	50	0,05	0,05
В-нафтол	-"-	80	0,4	—
Нікель	-"-	50	0,1	0,01
Нітробензол	-"-	85	0,2	—
Селен	-"-	50	0,001	—
Свинець	-"-	50	0,3	0,1
Стронцій	-"-	14	7	—
Ртуть	-"-	60	0,0005	—
Сурьма	-"-	40	0,05	—
Тіосечовина	-"-	50	0,03	—
Фторіди	-"-	14	1,5	0,75

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5
Формальдегід	-“-	80	0,05	0,05
Ціаніди	-“-	70	0,1	0,05
Ацетон	Загальносаніт.	95	2,2	—
Бутилацетат	-“-	40	0,1	—
Ізобутиловий спирт	-“-	60	1,0	—
Капролактан	-“-	95	1,0	—
Масляна к-та	-“-	100	0,7	—
Молочна к-та	-“-	100	0,9	—
Мурашина к-та	-“-	100	3,5	—
Оцтова кислота	-“-	100	1,2	—
Резорцин	-“-	95	0,1	—
Цинк	-“-	70	1,0	0,01
Диметилфенол	Органолепт.	60	0,25	—
Залізо (Fe^{3+})	-“-	80	0,3	—
Ксилол	-“-	60	0,05	—
Малеїнова к-та	-“-	95	1	—
Мідь	-“-	80	1,0	0,001
А-нафтол	-“-	80	0,1	—
Нафта та нафтопродукти	-“-	85	0,3	0,05
Октанол	-“-	60	0,05	—
Синтамід	-“-	69	0,1	—
СПАР аніонні	-“-	80	0,5	—
СПАР неіоногенні	-“-	80	0,1	—
Стирол	-“-	60	0,1	0,1
Толуол	-“-	60	0,5	0,5
Триетаноламін	-“-	40	1,4	—
Хром	-“-	80	0,5	—
Жири рослинні та тваринні	-“-	70	нормується за БПК	—
Фенол	-“-	95	0,001	0,001

ДОДАТОК Н

Концентрація хімічних речовин, допустима для очищення на спорудах біологічної
очистки

Таблиця Н.1 – Максимальна концентрація хімічних речовин, допустима для
очищення на спорудах біологічної очистки*

Речовина	Концентрація, мг/л	Речовина	Концентрація, мг/л
1	2	1	2
Аліловий спирт	3	Оцтова кислота	45
Алюміній	5	Поліакриламід	40
Анілін	6	Пропиловий спирт	12
Ацетон	40	Резорцин	12
Барвники синтетичні	25	Ртуть	0,005
Бензол	100	Свинець	0,1
Вінілацетат	100	Сірководень	1
Бутиловий спирт	20	Сірковуглець	5
Гліцерин	90	СПАР аніонні	20
Дібутилфлатат	0,2	СПАР неіоногенні	50
Діетиламін	10	Солевміст	10 000
Залізо	5	Стирол	10
Жири рослинні й тваринні	50	Стронцій	25
Кадмій	0,2	Сульфід	1
Карбоксиметил-целюлоза (КМЦ)	за БПК	Тіосечовина	10
Карбамід (сечовина)	за БПК	Толуол	15
Кобальт	1	Триетаноламін	5
Крезол	100	Фенол	15
Латекси	10	Формальдегід	100
Марганець	30	Фталева кислота	0,5
Мідь	0,5	Хром ³⁺	2,5
Метанол	30	Хром ⁶⁺	0,1
Миш'як	0,1	Ціаніди	1,5
Нафта та нафтопродукти	25	Цинк	1
Нікель	0,5	Етанол	14
Олово	10	Етилхлоргідрін	5

* Зауважимо, що у відповідності до складу міських стічних вод, технологічної схеми та ефективності роботи очисних споруд, максимальна концентрація речовин, допустимих для біологічної очистки може відрізнятися від наведених в цій таблиці (див. табл. 5.7). Дані, які наведені в таблиці додатку Н носять узагальнений характер і можуть використовуватись для прогнозних розрахунків на стадії техніко-економічного обґрунтування будівництва нових очисних споруд, або їх реконструкції чи розширення

ДОДАТОК П

Нормативи якості питної води

Таблиця П.1 – Характеристика і нормативи якості питної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи		
			ДСанПіН 2.2.4-171-10	Всесвітня організація охорони здоров'я	Європейське співтовариство
1	2	3	4	5	6
1 Органолептичні показники					
1	Запах при t = 20 °C і 60 °C	бали	≤ 2	Повинні бути приємними	2–3
2	Забарвленість	градуси	≤ 20	15	20 по Pt/Co шкалі
3	Каламутність	НОК (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0 ≤ 2,6 для підземного вододжерела	2,0	10 мг/л SiO ₂
4	Смак та присмак	бали	≤ 2	Повинні бути приємними	2–3
2 Фізико-хімічні показники					
а) неорганічні компоненти					
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5–8,5	–	6,5–9,5
6	Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2	0,3	0,2
7	Загальна твердість	ммоль/дм ³	≤ 7	–	–
8	Марганець	мг/дм ³	≤ 0,05	0,1	0,05
9	Мідь	мг/дм ³	≤ 1,0	1,0	–
10	Полісульфати (за Р ₂ О ₅)	мг/дм ³	≤ 3,5	–	–
11	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250	250	250
12	Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000	1000	1500
13	Хлор залишковий вільний	мг/дм ³	≤ 0,5	0,6–1,0	–
14	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250	250	–
15	Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	3,0	0,1–5,0
б) органічні компоненти					
16	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм ³	≤ 1,2	–	–
3 Санітарно-токсикологічні					
а) неорганічні компоненти					
17	Алюміній	мг/дм ³	≤ 0,02	0,2	0,2
18	Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5	–	–

Продовження таблиці П.1

1	2	3	4	5	6
19	Кадмій	мг/дм ³	≤ 0,001	0,003	0,005
20	Миш'як	мг/дм ³	≤ 0,01	0,01	0,01
21	Натрій	мг/дм ³	≤ 200	–	–
22	Нітрати (за NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	≤ 50	50	30
23	Нітрити	мг/дм ³	≤ 0,5	3,0	0,1
24	Озон залишковий	мг/дм ³	0,1–0,3	–	–
25	Ртуть	мг/дм ³	≤ 0,0005	0,001	0,01
26	Свинець	мг/дм ³	≤ 0,01	0,01	0,01
27	Фториди	мг/дм ³	для кліматичних зон IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	1,5	1,5
б) органічні компоненти					
28	Поліакриламід залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	1,0	акриламід 0,25
29	Формальдегід	мг/дм ³	≤ 0,05	0,9	–
30	Хлороформ	мг/дм ³	≤ 60	–	–
в) інтегральний показник					
31	Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	≤ 5	–	–

ДОДАТОК Р

Нормативи якості поверхневих вод і питної води

Таблиця Р.1 – ГДК основних неорганічних речовин у поверхневих водах України та питній воді за стандартами різних країн (мг/дм³)

№ з/п	Назва речовини	Нормативи якості поверхневих вод. (СанПіН 4630-88)		Нормативи якості питної води за світовими та національними стандартами					
		Лімітуюча ознака шкідливості	ГДК	СанПіН 2.2.4-171-10. Україна	ВОЗ	ЄС	USEPA США	СанПіН 2.1.4.559-96 Росія	ГОСТ 2874-82
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Алюміній (Al)	с.-т.	0,53	0,2–0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
2	Барій (Ba)	с.-т.	0,13	–	0,7	0,1	2,0	0,1	–
3	Берилій (Be)	с.-т.	0,000 2	–	–	–	0,004	0,000 2	0,000 2
4	Бор (B)	с.-т.	0,53	–	0,3	1,0	–	–	–
5	Ванадій (V)	с.-т.	0,1	–	–	–	–	0,1	–
6	Вісмут (Bi)	с.-т.	0,13	–	–	–	–	0,1	–
7	Вольфрам (W)	с.-т.	0,053	–	–	–	–	0,05	–
8	Залізо (Fe)	орг.	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
9	Кадмій (Cd)	заг.	0,001	відсутність	0,003	0,005	0,005	0,001	відсутність
10	Кальцій (Ca)	с.-т.	3,5	–	–	100	–	–	–
11	Кремній (Si)	с.-т.	10	–	–	–	–	0,1	–
12	Магній (Mg)	заг.	20	–	–	50	–	0,03	–
13	Марганець (Mn)	орг.	0,13	0,1	0,5	0,05	0,05	–	0,1
14	Мідь (Cu)	заг.	1,0	1,0	1,0–2,0	2,0	1,0–1,3	1,0	1,0
15	Молібден (Mo)	с.-т.	0,25	–	0,07	–	–	0,25	0,5
16	Миш'як (As)	с.-т.	0,053	0,001	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05

Продовження таблиці Р.1

17	Натрій (Na)	с.-т.	200	–	200	200	–	200	–
18	Нікель (Ni)	заг.	0,1	0,1	0,02	0,02	–	0,1	–
19	Ніобій (Nb)	с.-т.	0,013	–	–	–	–	0,01	–
20	Ртуть (Hg)	с.-т.	0,0005	відсутність	0,001	0,001	0,002	0,000 5	відсутність
21	Свинець (Pb)	с.-т.	0,03	0,01	0,01	0,01	0,015	0,03	0,01
22	Сурма (Sb)	с.-т.	0,05	–	0,005	0,005	0,006	0,05	–
23	Фторіди (F-)	с.-т.	1,5	0,7–1,2	1,5	1,5	2,0–4,0	1,5	1,5
24	Хлориди (Cl-)	орг. присмак	350	250-350	250	250	250	350	–
25	Хром (Cr ³⁺)	с.-т.	0,5	–	–	–	0,1	0,5	–
26	Хром (Cr ⁶⁺)	с.-т.	0,05	відсутність	0,05	0,05	–	0,05	–
27	Ціаніди (CN-)	с.-т.	0,17	відсутність	0,07	0,05	0,02	0,035	–
28	Цинк (Zn)	заг.	1,0	–	3,01	5,0	5,0	5,0	5,0

Примітка 1. Лімітуючі ознаки шкідливості за якими установлені ГДК:

- с.-т. – санітарно-токсикологічні;
- заг. – загальносанітарні;
- орг. – органолептичні.
- прочерк означає, що цей параметр не нормується.

Примітка 2. USEPA (US Environment Protection Agency) – агентство по охороні навколишнього середовища США

ДОДАТОК С

Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення промислових підприємств

Таблиця С.1 – Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення промислових підприємств різних галузей промисловості

№ з/п	Галузь промисловості, вид та спосіб виробництва	Одиниця вимірювання, вид продукції, сировини	Система водопоста- чання	Середньорічні витрати, м³				Середньорічна кількість стічних вод що випускають у водойми, м³			Безпово- ротне спожи- вання і витрати води, м³, Р _{заг}
				Оборотної, повторно- послідовної, Q _{зв}	Свіжої з джерела			тих, що потребують очищення від забруднення		тих, що не потребують спец. очищення Q _{но}	
					тех- нічної Q _т	Питної на потреби		виробн. Q _{по}	побут. Q _{гпоб}		
						виробничі Q _{птп}	побутові Q _{гп}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Чорна металургія. Металургійні заводи											
1.1	Комбінати чорної металургії	1т сталі з отриманням чавуну	Зворотна з замкнутими циклами	260	26	0,15	0,35	1,3	0,35	1,3	23,3*
* фільтраційні води – 0,25											
1.2 Металевих виробів											
1.2	Цех електро- дів та дроту	1т продукту	Зворотна	160	17,4	0,5	3	10	3	1,2	6,7
1.3 Коксохімічні підприємства											
1.3	Коксохіміч- ний цех	1т. коксу	Прямоточна та зворотна	2,96	7,59	0	0,20	0	0,20	0,14	7,45
2 Нафтопереробна та нафтохімічна промисловість											
2.1	Нафтопере- робний з-д	1т перероб. нафти	Зворотна	14	0,4	0,16	0,018	0,18	0,018	0	—
2.2	Те ж з масляним виробн.	Те ж	Зворотна	26	0,83	0,08	0,021	0,23	0,021	0	0,68

Продовження таблиці С.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.3	Виробництво каучуку	1т продукту	Зворотна	139,5	78,45	0	2,12	8,7	2,12	39,06	30,69
2.4	Шинні заводи	1т сировини	Зворотна	300	22,5	4	2,8	8,5	2,8	7,6	10,4
3 Виробництво основної хімії											
3.1	Виробництво H ₂ SO ₄	1т кислоти	Зворотна та прямоточна	36,24	2,19	0	0,29	0,29	0,28	0	1,9
3.2	Виробництво суперфосфату	1т	Зворотна та прямоточна	4,95	1,95	0,04	0,19	1,50	0,19	0,11	0,38
3.3	Виробництво карбаміду	1т продукту	Зворотна	1,75	10,5	0	0,8	0,3	0,8	7,54	2,66
4 Виробництво пластмаси та фенолу											
4.1	Виробництво поліетилену (високої густини)	1м ³	Зворотна та прямоточна	549	39,5	1,7	2,2	21	2,2	0	20,2
5 Підприємства хімічних волокон											
5.1	Виробництво віскозного тех. шовку	1т волокна	Прямоточна, зворотна	123	940	0	14,5	928	14,5	0	12
5.2	Виробництво волокна «Капрон»	1т волокна	Зворотна, прямоточна	3400	320	60	20	100	20	180	100
6 Лісопильні та деревообробні комбінати, заводи та цехи, меблеві фабрики											
6.1	Виробництво фанери клесної	1м ³	Зворотна, прямоточна	3,62	5,24	3,22	1,24	2,34	1,24	4,1	2,02

Продовження таблиці С.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7 Целюльозно- бумажна промисловість											
7.1	Виробництво тарного картону	1т продукту	Зворотна, прямоточна	245	70	0,1	0,25	26,5	0,25	42	1,5
8 Легка промисловість											
8.1	Фабрики ПОШ	1т митої вовни	Прямоточна		52	2	6	48	6	0	6
8.2	Камвомольно-суконні комбінати	1т	Зворотна та прямоточна	3000	410	65	30	235	30	15	130
9 Підприємства хлібопекарної і харчової промисловості											
9.1	Хлібозаводи	1т готової продукції	Прямоточна		0	1,87	0,7	1,12	0,7	0	0,75
9.2	Кондитерські фабрики	1т готової продукції	Зворотна й прямоточна	22,4	0	6,7	1,3	5,2	1,3	0	1,5
9.3	Флодово-овочеві консервні заводи	1000 банок	Зворотна й прямоточна	33,58	0	11,95	2,28	10,64	2,28	0	1,38
9.4	Молокоз-д продуктивністю, т/добу: до 50 50–100	1т молока	Прямоточна й оборотна з послідовн. використанням води	35 40	0 0	7,9 7,3	0,2 0,2	5,3 5	0,2 0,2	1,8 1,5	0,8 0,8
9.5	М'ясопереробні. заводи	1т готової продукції	Прямоточна, зворотна	60	2,7	15,7	1	9,5	1	3,1	5,8
9.6	Маргаринові заводи	1т маргар. 100т/добу	Прямоточна, зворотна	52,88	0,1	5,47	1,48	2,81	1,48	2,64	0,12

Закінчення таблиці С.1

[illegible]

ДОДАТОК Т
Витрати промислових стічних вод на підприємствах

Таблиця Т.1 – Витрати промислових стічних вод на підприємствах деяких галузей промисловості

№ з/п	Галузі промисловості, спосіб виробництва, назва підприємства	Витрати промислових стічних вод, м ³ /добу
1	2	3
1 Чорна металургія		
1.1	Комбінати і заводи з повним технологічним циклом (діючі та перспективні)	8000–12000
1.2	Трубопрокатні заводи	5000–12000
1.3	Заводи металевих виробів	3000–5000
2 Нафтопереробна і нафтохімічна промисловість		
2.1	Нафтопереробні заводи паливного профілю з глибокою схемою переробки	1800–2500
2.2	Заводи синтетичного каучуку	1000–3000
2.3	Шинні заводи	800–1000
3 Хімічна промисловість		
3.1	Підприємство азотної промисловості	1200–3000
3.2	Підприємство хлорної промисловості	2000–3000
3.3	Підприємство лакофарбної промисловості	500–600
3.4	Підприємство з виробництва пластмас та фенолу іонообмінних смол	3000–5000
3.5	Підприємство хімічних волокон	15000–35000
4 Деревопереробна і лісохімічна промисловість		
4.1	Виробництво дерев'яно - волокнистих плит	5000–6000
4.2	Виробництво фанери	1500–2000
5.Целюлозно-паперова промисловість		
5.1	Виробництво паперу й картону	7000–9000
6. Легка та текстильна промисловість		
6.1	Фабрика первинної обробки шерсті (ПОШ)	800–1000
6.2	Бавовняні комбінати	3000–5000
6.3	Тонкосукняні фабрики	5000–8000
6.4	Шовкові комбінати	5000–6000
6.6	Шкіряні заводи	3600–4800
6.7	Взуттєві фабрики	1000–1200
7 Підприємства з переробки та зберігання зерна		
7.1	Борошномельні заводи	800–1000
8 Підприємства хлібопекарської та консервної промисловості		
8.1	Хлібозаводи та кондитерські фабрики	100–300

Продовження таблиці Т.1

1	2	3
8.2	Заводи фруктових та овочевих консервів	500–800
9 Підприємства молочної промисловості		
9.1	Молокозаводи	800–1500
9.2	Масло й сироробні заводи	50–100
10 Підприємства м'ясної промисловості		
10.1	М'ясокомбінати і мясопереробні заводи	1000–1500
11 Підприємства масложирової промисловості		
11.1	Маслоекстракційні заводи	1300–1500
11.2	Маргаринові заводи	500–1000
11.3	Медоварні заводи	1000–1300
12 Парфюмерно-косметична промисловість		
12.1	Парфюмерно-косметичні фабрики	1000–2500
12.2	Комбінати синтетичних духмяних речовин (СДР)	500–1500
13 Підприємства цукрової промисловості		
13.1	Цукрові заводи	5000–12000
14 Підприємства виноробної, спиртової, лікєро-горілочної, безалкогольних напоїв		
14.1	Заводи шампанських вин	500–1000
14.2	Пивоварні заводи	1500–2000
14.3	Заводи безалкогольних напоїв	3000–5000
14.4	Виробництво мінеральних вод	1800–3000
15 Ливарні, верстатобудівельні та інструментальні заводи		
15.1	Заводи важкого та прецизійного верстатобудування	2000–3000
15.2	Інструментальні заводи	1000–1500
16 Заводи важкого енергетичного й транспортного машинобудування		
16.1	Тепловозобудівельні заводи	2000–3000
17 Автомобільні заводи		
17.1	Заводи легкових і вантажних автомобілів	1500–3000
17.2	Заводи вантажних автомобілів, автобусів і тракторів	2000–3000
18 Підшипникові заводи		1500–2000
19 Заводи будівельного й дорожнього машинобудування		2000–3000
20 Приборобудівельні заводи		800–1500
21 Заводи гідрогенераторів й великих енергетичних машин		2000–5000
22 Заводи в'язучих й виробів з них		
22.1	Цементні заводи	1500–3000
22.2	Заводи з виробництва азбестоцементних труб	2000–5000
22.3	Заводи ячеїстих бетонів, виробів з них, цегли	2000–3000
22.4	Заводи залізобетонних виробів	1500–3000

ДОДАТОК У
Характеристика джерела водопостачання

Таблиця У.1 – Розрахункові характеристики джерела водопостачання

№ варіанту	Розрахункові характеристики джерела водопостачання				
	Витрати Q, м ³ /с			Середня швидкість, V, м/с	Середня глибина, H, м
	Середньо- багаторічні, Q _{сбр.}	Середньорічні 95 % забезпеченості, Q _{ор.}	Середньомісячні 95 % забезпеченості Q _{см.}		
1	2	3	4	5	6
1	50	14	4,0	1,6	5,0
2	40	14,6	3,2	0,8	3,9
3	35	13,7	4,2	1,3	2,8
4	30	10,5	3,5	1,1	2,7
5	25	12,4	2,9	0,8	2,2
6	20	11,5	3,1	0,9	2,4
7	18	7,9	2,6	0,6	1,9
8	15	8,3	3,8	0,7	2
9	12	9,0	1,5	0,5	1,7
10	10	8,3	2,6	1,4	1,8
11	19	10,2	2,7	1,4	1,9
12	28	7,5	6,0	1,2	1,6
13	27	8,0	3,2	0,5	1,5
14	26	17,0	24	0,7	1,6
15	25	14,0	21	0,3	1,2
16	17	8,7	3,3	1,2	2,5
17	16	7,4	3,7	1,2	3,4
18	15	6,0	2,5	0,7	2,2
19	14	8,3	2,6	0,8	2,6
20	13	9,2	2,4	1,1	1,8
21	12	8,0	3,2	0,9	2,1
22	19	10,3	2,9	1,3	3,2
23	17	9,1	3,3	0,7	3,8
24	8	6,2	2,4	0,9	0,9
25	9	9,5	2,7	2,2	1,4
26	1,39	0,3	0,17	0,2	0,6
27	3,29	1,1	0,80	0,17	1,2
28	14,2	8,1	2,38	0,6	2,4
29	30,8	21,6	15,2	0,9	5,2
30	21,8	11,2	6,34	0,4	3,1
31	9,34	6,4	1,48	0,5	2,3
32	25,7	12,3	7,62	0,7	4,5
33	10,5	50,8	13,0	1,1	5,8
34	45,5	18,7	5,62	1,2	4,8
35	1,61	0,5	0,21	0,2	0,9

ДОДАТОК Ф

Якість очищених виробничих стічних вод, які повторно використовуються в охолоджувальних системах

Таблиця Ф.1 – Загальні вимоги до якості очищених виробничих стічних вод, які повторно використовуються в охолоджуючих системах промислових підприємств

Показник	Одиниця вимірювання	Охолоджуючі системи водопостачання	
		прямоточні	оборотні
Завислі речовини	мг/дм ³	до 20	5
Солевміст	мг/дм ³	1 000	500
Ефіророзчинні	мг/л	10–25	10–20
БСК ₂₀	мгО ₂ /дм ³	5–20	5–20
Твердість загальна	мг-екв/дм ³	16	2,6
Лужність загальна	мг-екв дм ³	10	0,4
ХСК	мгО/дм ³	75	75
<i>Вміст іонів</i>			
Mn ²⁺	мг/дм ³	–	0,5
Ca ²⁺	мг/дм ³	200	50
Cl ⁻	мг/дм ³	600	500
HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	600	24
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	680	200
Fe загальне	мг/дм ³	–	0,5
pH	–	6,5–8,5	6,5–8,5

ДОДАТОК Х

Якість очищених міських стічних вод, які повторно використовуються для технічних потреб

Таблиця Х.1 – Загальні вимоги до якості очищених міських стічних вод, які повторно використовуються для технічних потреб

Показник	Од. вимірювання	Значення показника
Загальний солевміст	мг/дм ³	3000
Завислі речовини	мг/дм ³	до 3
Твердість загальна	мг-екв/дм ³	5
Хлориди	мг/дм ³	350
Сульфати	мг/дм ³	500
Залізо загальне	мг/дм ³	4
Ефіророзчинні	мг/дм ³	20
Азот загальний	мг/дм ³	30
Фосфати	мг/дм ³	5
Хром	мг/дм ³	1,7
БПК повн.	мгО ₂ /дм ³	6
ХСК	мгО/дм ³	45
Колі-індекс	мг/дм ³	1000
рН	мг/дм ³	6,5–8,5

ДОДАТОК Ц

Вимоги до стічних вод підприємств для безпечного їх відведення каналізаційною мережею

Таблиця Ц.1 – Вимоги до складу і властивостей стічних вод підприємств для безпечного їх відведення каналізаційною мережею

№ з/п	Показники якості стічних вод	Допустимі величини
1	Температура	не вище 40 °С
2	Активна реакція (рН)	6,5–9,0
3	Біохімічне споживання кисню, БСК, г/м ³	у відповідності до проекту міських очисних споруд або не більше 350
4	Завислі й спливаючі речовини, г/м ³	у відповідності до проекту міських очисних споруд або не більше 500
5	Нерозчинні масла, смоли, мазут	не допускаються
6	Нафта, нафтопродукти*, г/м ³	не більше 20
7	Жири рослинні й тваринні, г/м ³	не більше 50
8	Хлориди, г/м ³	не більше 350
9	Сульфати, г/м ³	не більше 400
10	Сульфіди, г/м ³	не більше 1,5
11	Кислоти, горючі суміші, токсичні й летучі газоподібні речовини, які здатні утворювати в мережах і спорудах токсичні гази	не допускаються
12	Концентровані маточні й кубові розчини	не допускаються
13	Будівельне, промислове, господарсько-побутове сміття, ґрунт, абразивні речовини	не допускаються
14	Радіоактивні речовини, епідеміологічні небезпечні бактеріальні й вірусні забруднення	не допускаються
* нафтопродукти – мало полярні або полярні речовини, які розчиняються в гексані		

Наукове видання

БЕРЕЩУК Микола Якович,
ТКАЧОВ Вячеслав Олександрович

**ВОДОКОРИСТУВАННЯ
В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
МІСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ**

МОНОГРАФІЯ

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*
Редактор *В. І. Шалда*
Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 10.05.2019. Формат 60 × 84/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 10,7
Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.